

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022



STREAM 2 :

Prévision, gestion EnR, micro-réseaux, flexibilité

Chair: Georges Kariniotakis, Directeur de Recherche, MINES Paris, Centre PERSEE
georges.kariniotakis@minesparis.psl.eu

Session 2.A (09h45-10h45)

Co-chair: Nicolas Roche, Senior Consultant, ENEDIS

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

STREAM 2, Session 2.A



- Pitch de 3 min par doctorant

1	Kevin BELLINGUER	Optimisation de l'integration de données multi-sources dans les modèles de prévision court-terme de la production photovoltaïque	MINES Paris, PSL - PERSEE
2	Yun BAI	Big data for the electric power system with focus on demand forecasting	MINES Paris, PSL - PERSEE
3	Jérémy MACAIRE	Développement d'un outil de prédiction de la production d'une centrale photovoltaïque	Université de Guyane
4	Luca SANTOSUOSSO	A generic framework for the valorisation of high-dimensional virtual power plants integrating multiple flexibility technologies	MINES Paris, PSL - PERSEE
5	Sylvain LEDUR	Optimization of the flexibility potential of industrial electricity demand	MINES Paris, PSL - PERSEE
6	Akylas STRATIGAKOS	Prescriptive Analytics Methods for Optimizing Participation of Renewable-Based Plants in Electricity Markets	MINES Paris, PSL - PERSEE
7	Konstantinos PARGINOS	Advanced methods for enhancing interpretability of AI tools with application to the energy sector	MINES Paris, PSL - PERSEE

- Discussion

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

Optimisation de l'intégration de données multi-sources dans les modèles de prévision court-terme de la production photovoltaïque

Kevin BELLINGUER

kevin.bellinguer@minesparis.psl.eu

Mines Paris, Centre PERSEE

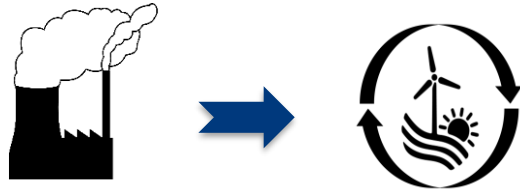
Soutenance: Juin 2022

Encadrants: Georges KARINIOTAKIS / Robin GIRARD

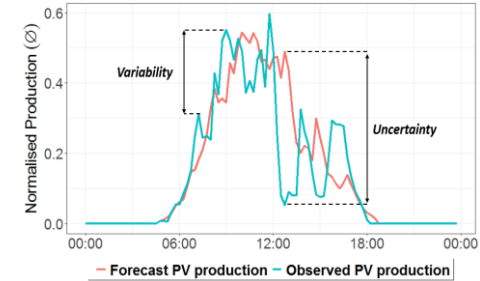
Collaborations: Compagnie Nationale du Rhône (Guillaume BONTRON)

CONTEXT

Increase in the share of renewables in the energy mix

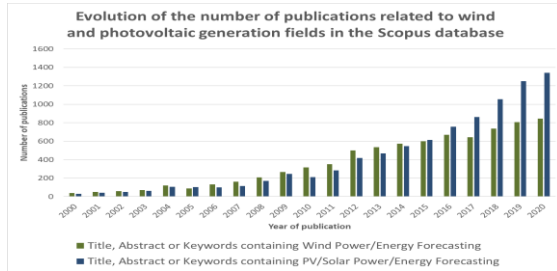


Weather dependence of photovoltaic production



MOTIVATION

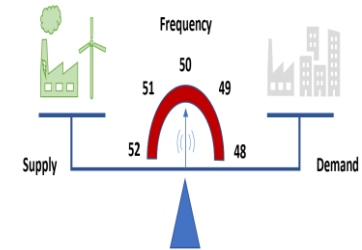
A very active field of research



Forecasting is a key issue of the energy transition

➤ Continuous need to improve accuracy

New challenges to address

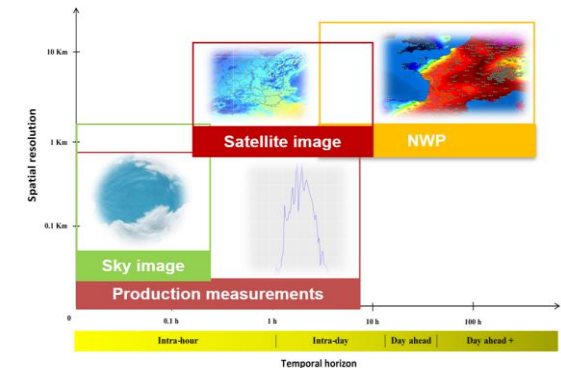


OBJECTIVES

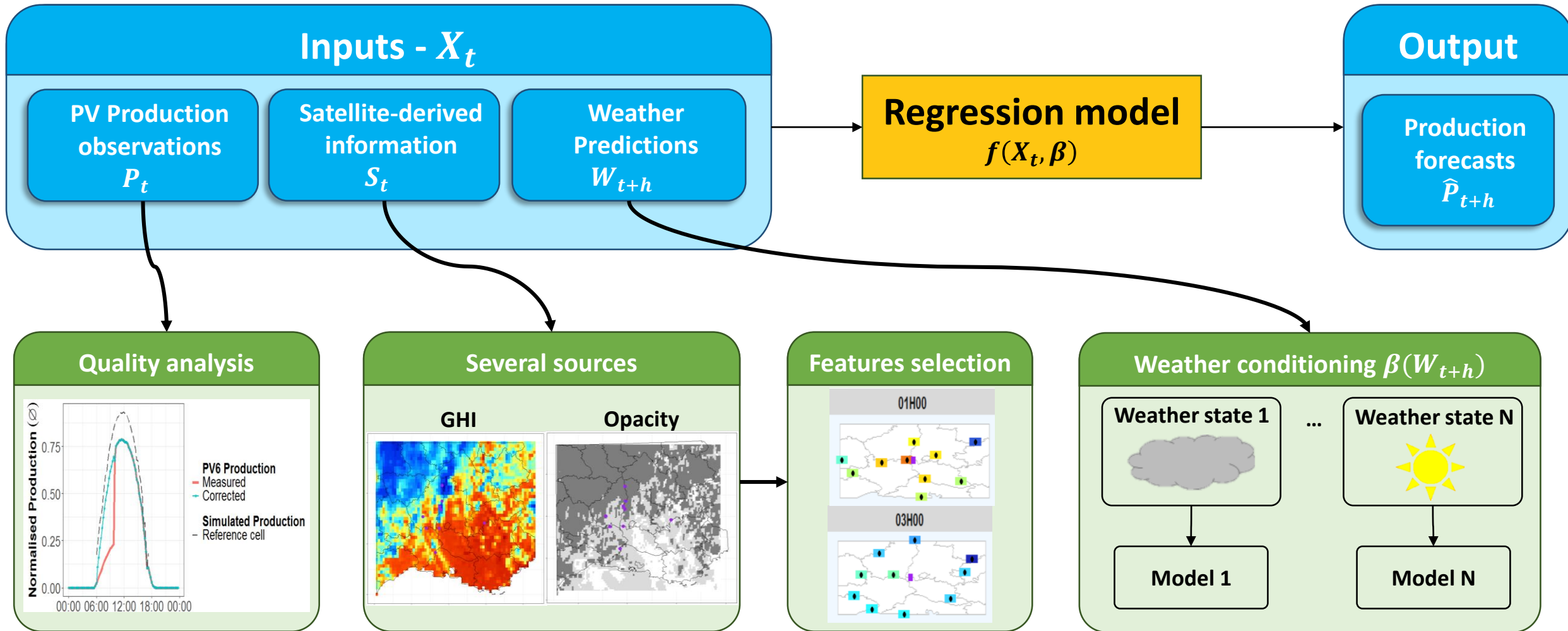
Improve the accuracy of short-term PV generation forecasts

Combination of several heterogeneous sources of information

Extension of available regression tools



METHODOLOGY



TAKE AWAY MESSAGES

	Main results / Learning
Data characterization	<ul style="list-style-type: none">▪ Going back to the fundamentals, permits to better understand the underlying phenomena and design solutions towards better PV predictability.
Physics-based modelling	<ul style="list-style-type: none">▪ Despite the tendency for black box models in the numerous works on PV forecasting, in this thesis we developed a physics-based approach to better understand the role and value of each type of data in PV forecasting.
Combination of data sources	<ul style="list-style-type: none">▪ We provide insights on how to use best combination of heterogenous data sources, (power measurements, satellite-derived information, and weather forecasts) and available information (e.g. sites geometry, sun position) to optimize forecasting performances for several forecast horizons.

Contact: kevin.bellinguer@minesparis.psl.eu

References:

- [1] Bellinguer, Girard, Bontron, Kariniotakis, A Generic Methodology to Efficiently Integrate Weather Information in Short-term Photovoltaic Generation Forecasting Models (under review).
- [2] Bellinguer, Girard, Bontron, Kariniotakis, Short-term Photovoltaic Power Forecasting Enhanced by Heterogeneous Sources of Spatio-temporal Data (under preparation).
- [3] Bellinguer, Girard, Bontron, and Kariniotakis, Short-Term Photovoltaic Generation Forecasting Enhanced by Satellite Derived Irradiance. 26th International Conference & Exhibition on Electricity Distribution (CIRED 2021), Sep 2021, Switzerland, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03407898>
- [4] Bellinguer, Girard, Bontron, and Kariniotakis, Short-term Forecasting of Photovoltaic Generation based on Conditioned Learning of Geopotential Fields, 2020 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), Turin, Italy, 2020, pp. 1-6, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02932018>
- [5] Bellinguer, Girard, Bontron, and Kariniotakis, Short-Term Photovoltaic Generation Forecasting Using Multiple Heterogenous Sources of Data. In 36th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EUPVSEC), Sep 2018, Marseille, France, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02314083>

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

Big data for the electric power system with focus on demand forecasting

Yun BAI

yun.bai@minesparis.psl.eu

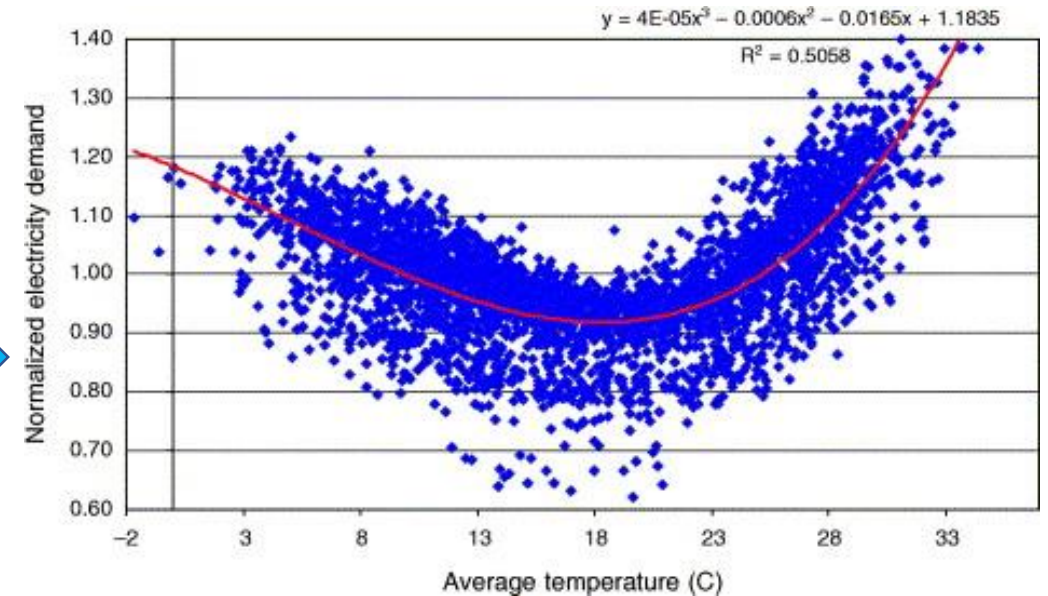
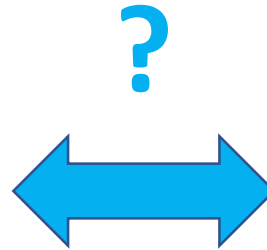
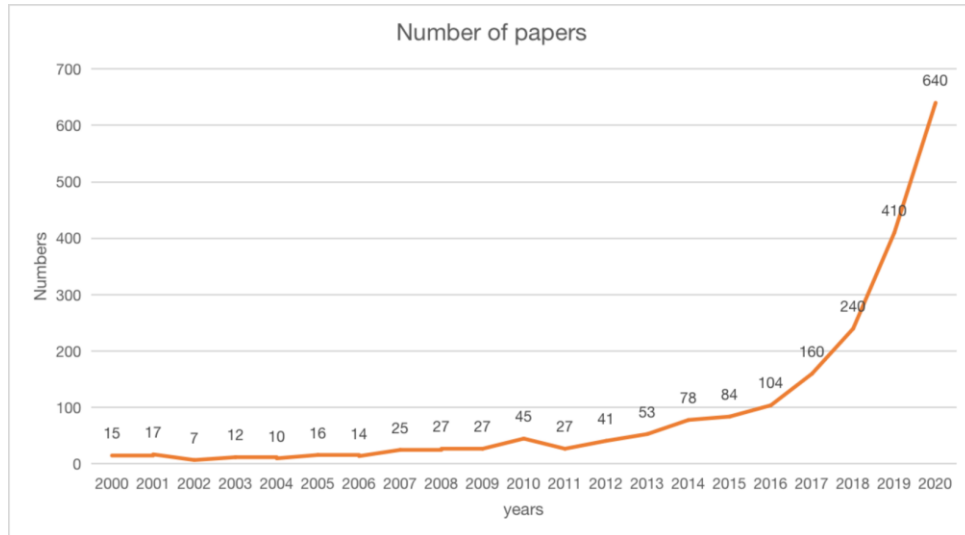
Mines Paris, Centre PERSEE

Start date: 14/02/2022

Supervisors: Andrea MICHIORRI / Simon CAMAL

CONTEXT AND MOTIVATION

- If the information from textual data (e.g., news) can be used to improve power system management, especially electricity load forecasting.

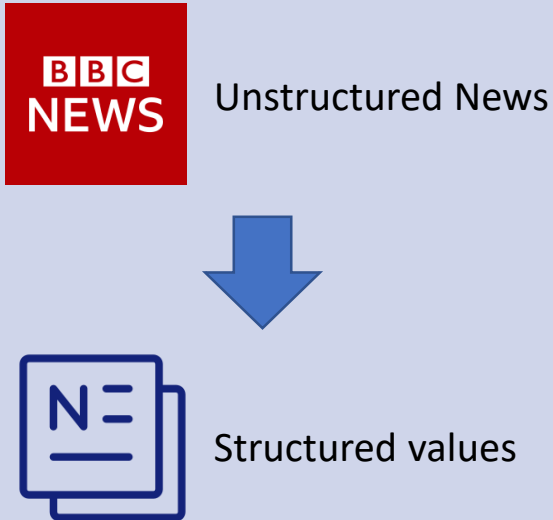


Growing number of papers on electricity & textual analysis

The relationship of weather and electricity demand

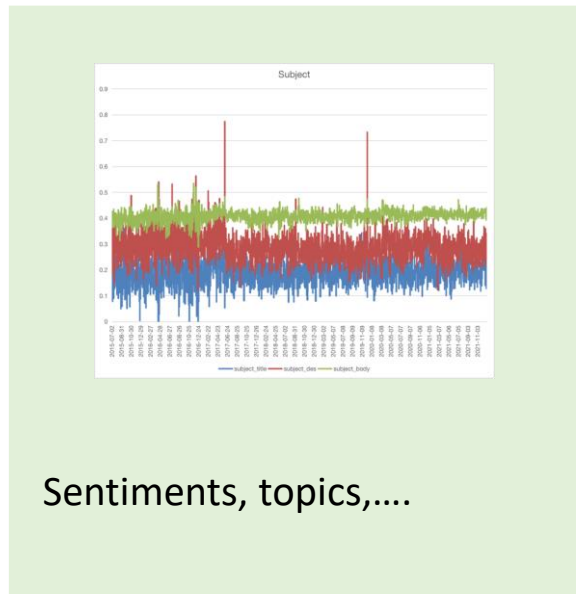
APPROACH - METHODOLOGY

1 Data Acquisition and Preprocessing



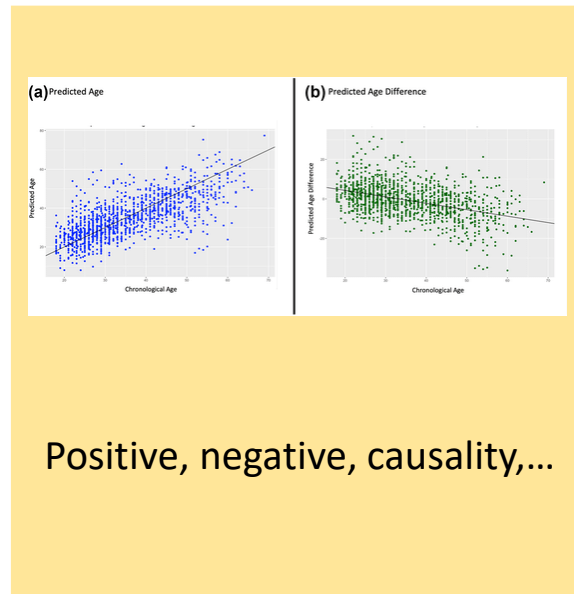
Web Developing

2 Dynamic Textual Features Extraction



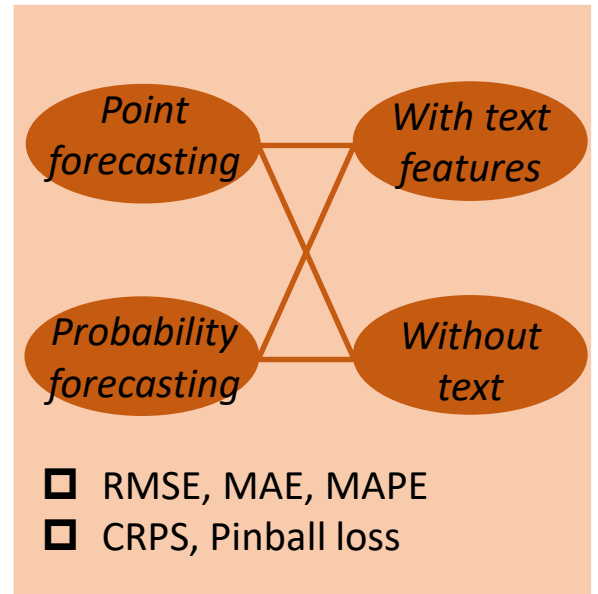
Natural Language Processing (NLP)

3 Series Relationship Analysis



Statistical Hypothesis Testing

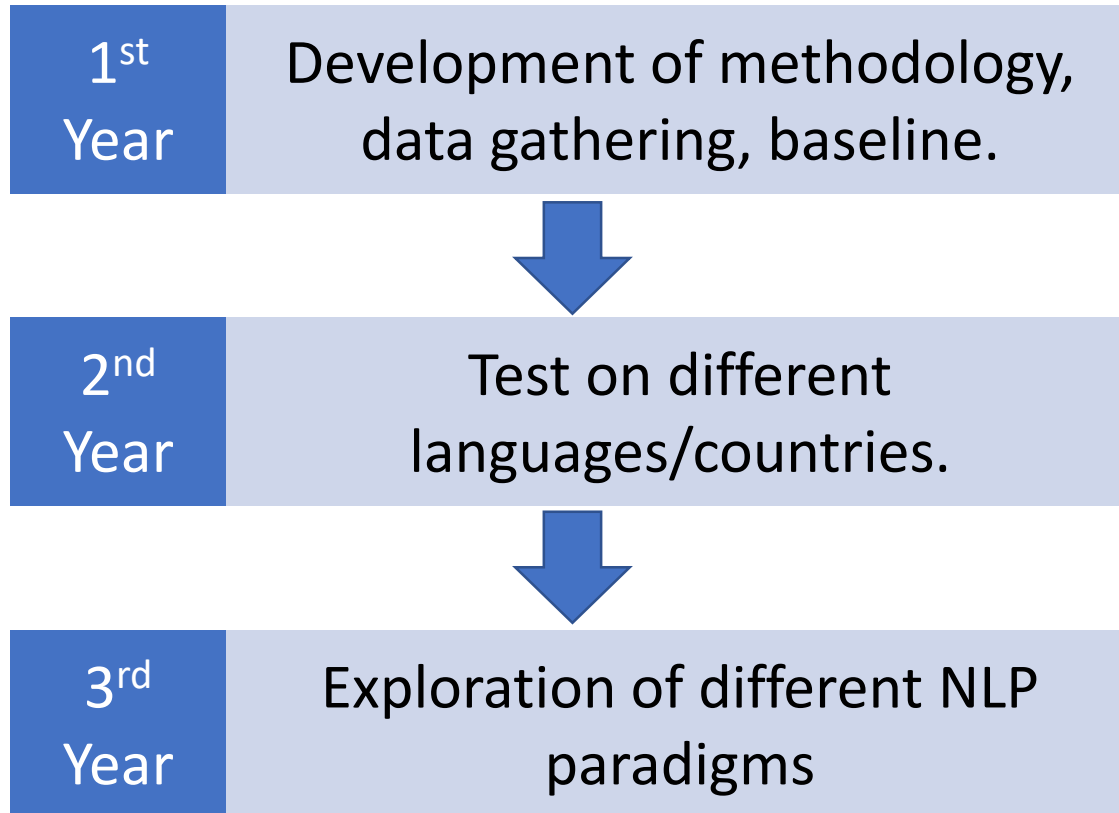
4 Forecasting and Evaluation



Machine Learning
Deep Learning

ENSEIGNEMENTS / TAKE AWAY MESSAGES

- Research plan



- Benefits to the Smart Grid

Understand the **relationship** between structured and unstructured data for Smart Grid management

Improve electricity load **forecasting** for both point and probability.



Thanks for listening

Contact: yun.bai@minesparis.psl.eu

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

Prédiction spatiotemporelle de la production d'énergie photovoltaïque en Guyane Française

Jérémy Macaire

Email: jeremy.macaire@gmair.com

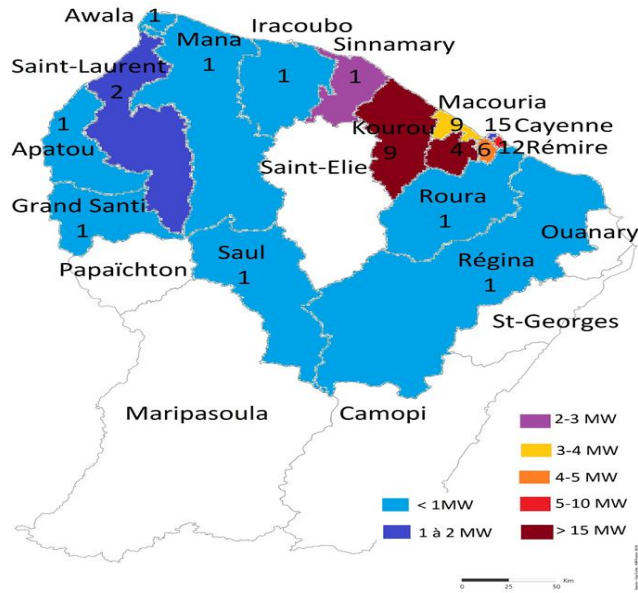
Laboratoire UMR Espace-Dev/Université de Guyane

Date de démarrage de la thèse: 11/2019

Encadrants: Laurent Linguet et Sara Zermani

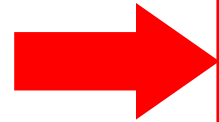
Projet: Surveillance et Prédiction de la production d'Énergie Solaire par Imagerie Satellite (SPESIS)

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA THESE

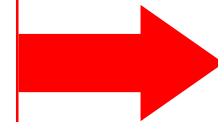


Guyane Française :
66 PV plants / Power : 46,46 MW
PV without storage
6 % du mix énergétique

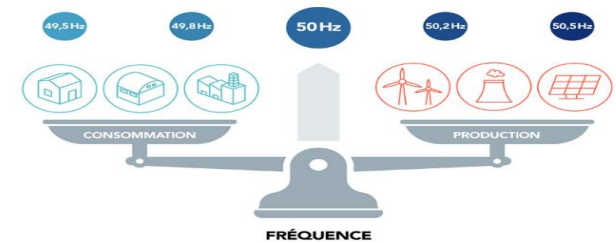
Intermittence de la ressource solaire



- Assurer la sécurité du réseau
- Mise en place de réserves polluantes (charbon, centrales thermiques, ...)
- Plus de maintenance



Augmentation des coûts de production



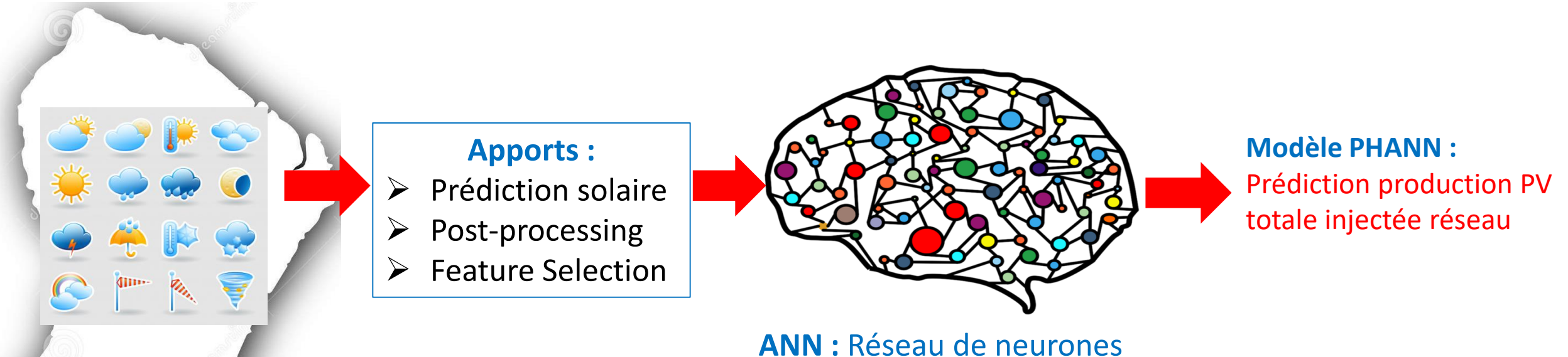
Solution : Prédiction spatiotemporelle de production PV à 24h à l'avance

APPROCHE - METHODOLOGIE

Données

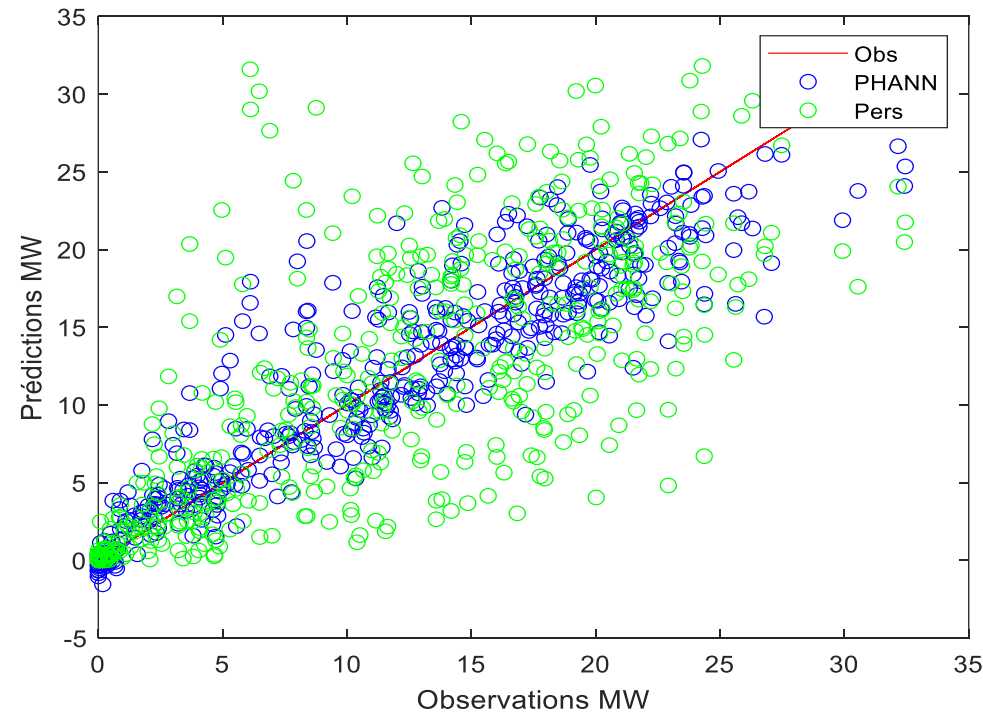
- 66 centrales
- Historique production : 10 mois, 12H/jour
- Résolution horaire

Méthodes



Modèle **PH**ysique
Prévision météo WRF
(80 paramètres)

Prédictions du PHANN comparées à celles de la Persistance (24h d'horizon)



PHANN : Physical Artificial
Neural
Network

Model	nRMSE %	nMBE %	nMAE %	SS
PERS	51.01	-1.37	37.49	0
ANN	26.6	-0.29	19	0.48

Contact: jeremy.macaire@gmail.com

Références:

- [1] [Post Processing of day-ahead solar irradiance forecast using satellite derived data in French Guiana \(2021\)](#)
- [2] [Feature Selection using Kernel Conditional Density Estimator for day-ahead regional PV power forecasting in French Guiana \(2021\)](#)

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

A generic framework for the valorization of high-dimensional virtual power plants (VPPs) integrating multiple flexibility technologies

Luca SANTOSUOSSO

luca.santosuosso@minesparis.psl.eu

Mines Paris - Centre PERSEE

Start date: Jan. 2022

Supervisors: Georges KARINIOTAKIS, Simon CAMAL, Guillaume BONTRON

Collaborations: Compagnie Nationale du Rhône

CONTEXT AND OBJECTIVE

- **Motivation: Renewables** should guarantee enough technical capacity to participate in the provision of **ancillary services** and couple with other **sources of flexibility** (e.g., power-to-hydrogen, power-to-mobility).

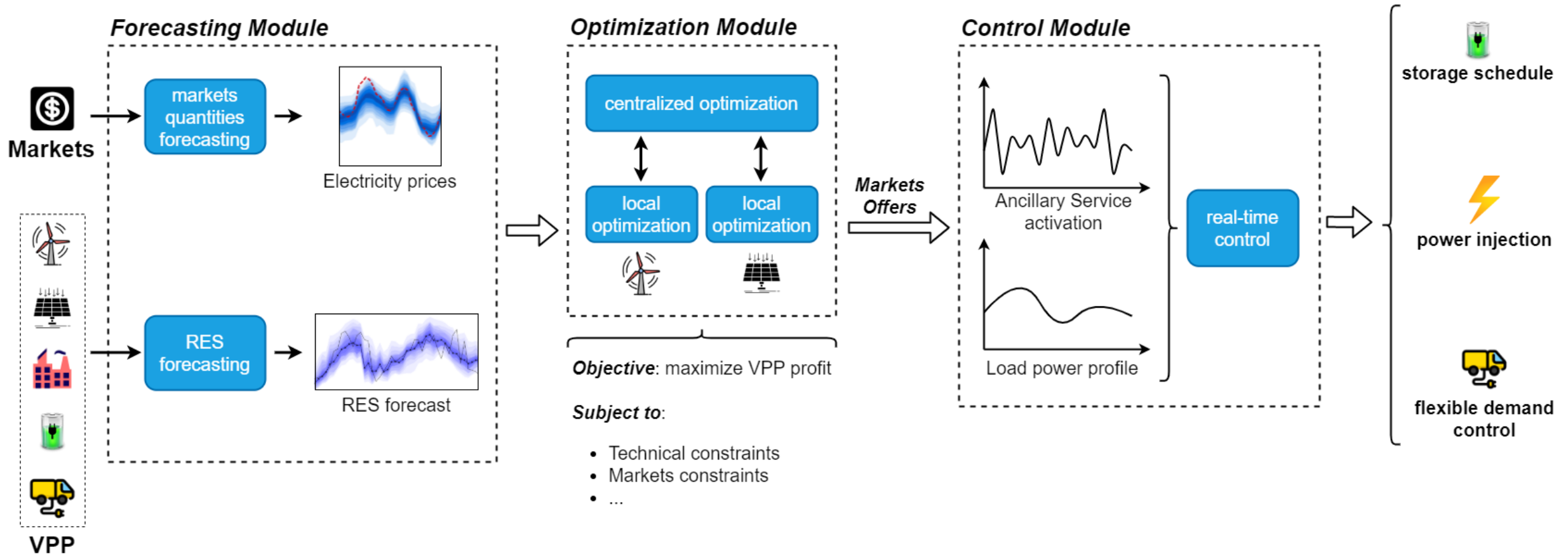
Mainstream solution: Virtual power plant (VPP) - aggregation of distributed energy resources.

- **Objective:** Propose a **complete framework** (forecasting, trading and control) for managing **high-dimensional VPPs**.

Main goals:

- (1) Participation in multiple markets incl. ancillary services (AS).*
- (2) Integration of multiple types of flexibility sources.*
- (3) Consider uncertainties.*

METHODOLOGY



TAKE AWAY MESSAGES

- ***Large-scale integration of renewable energies requires the ability to provide ancillary services.***
- ***High-dimensional and multi-source VPPs can provide these services, compensate for internal imbalances and integrate flexibility sources.***
- ***Main challenges: system complexity, coherent forecasts integration, computational effort, privacy, real-time control.***



Contact: luca.santosuosso@minesparis.psl.eu

Références:

- [1] A Stochastic Economic Model Predictive Control Strategy for Provision of Energy and Ancillary Services with Storage, ongoing publication.
- [2] Advanced Predictive Control Strategies for Provision of Energy and Ancillary Services with a Wind Farm, WindEurope Technology Workshop 2022

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

Optimisation du potentiel de flexibilité de
demande énergétique dans le secteur industriel

Sylvain LEDUR

sylvain.ledur@airliquide.com

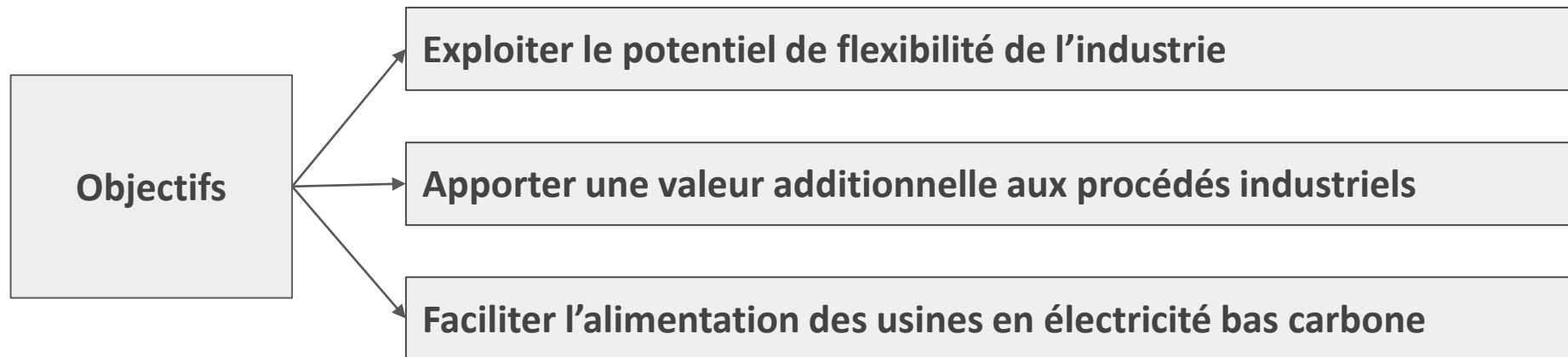
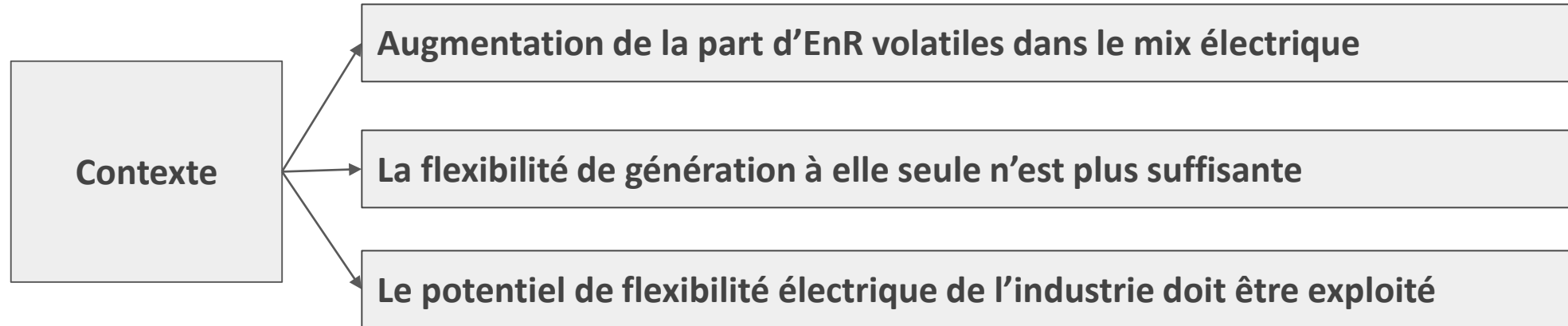
Mines Paris, Centre PERSEE,

Date de démarrage de la thèse: 12/2020

Encadrants: Georges Kariniotakis / Fabrizio Sossan / Moulay-Driss Elalaouifar

Collaborations: Air Liquide, Thèse Cifre

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA THESE



APPROCHE

2

Stratégies de valorisation de flexibilité:

- Marchés de l'électricité et équilibrage
- Alimentation directe bas carbone

Outils:

- Optimisation sous incertitude
- Prédiction déterministe et probabiliste

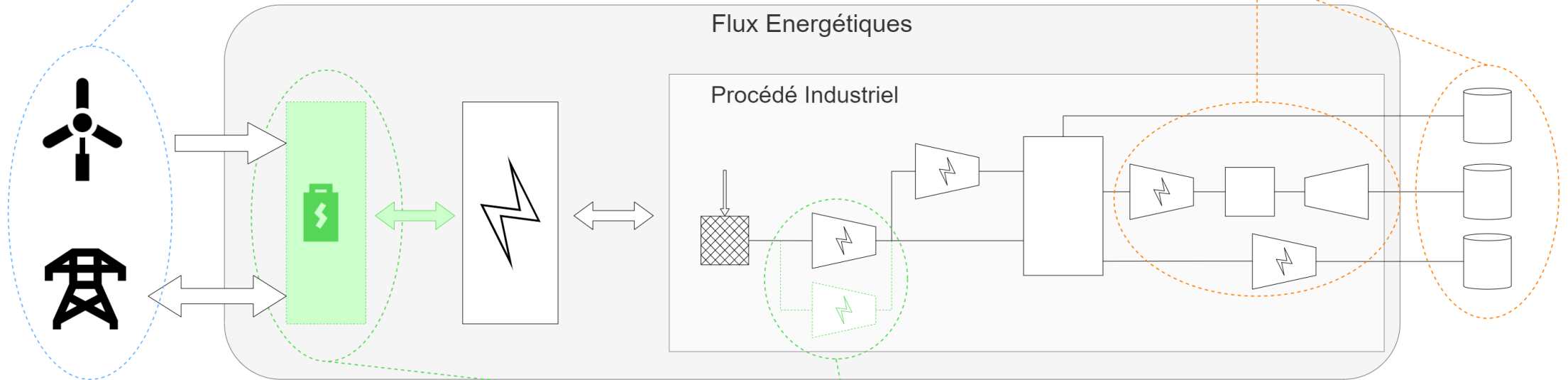
1

Identification et quantification du potentiel de flexibilité:

- Product storages
- Electricity Consumption
- Profils de demande

Outils:

- Modèles numériques
- Optimisation



3

Investissement dans de nouveaux leviers de flexibilité

- Batteries, stocks, composants

Outils:

- Approche Green/Brown field
- Simulations long terme

PREMIER RESULTATS / ENSEIGNEMENT

- **Premiers résultats: Quantification du potentiel de flexibilité**
 - Consommation Usine: ≈ 15 MW
 - Flexibilité disponible: ≈ 2 MW => Équivalent à environ 1000 foyers résidentiels
- **Travail en cours: Valorisation du potentiel de flexibilité d'un actif industriel sur les marchés de l'électricité et d'équilibrage**
- **Impact principal du projet de thèse:**
 - Favoriser les investissements pour augmenter la flexibilité de procédés industriels
 - Contribuer à la décarbonation de l'industrie par des leviers comme l'intégration des EnR et le stockage
 - Accélérer la transition énergétique grâce à de larges volumes de flexibilité plus facilement mobilisables que la flexibilité résidentielle.

Contact: sylvain.ledur@airliquide.com

Références:

- [1] *Identification and Quantification of the Flexibility Potential of a Complex Industrial Process for Ancillary Services Provision, To appear in PSCC / Electric Power Systems Research*
- [2] *Flexible Industrial Asset Under Volatile Renewable Generation Providing Ancillary Services, Journal paper under preparation.*

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

Towards the prescriptive analytics paradigm for energy forecasting and optimization in power systems

Akylas STRATIGAKOS

akylas.stratigakos@minesparis.psl.eu

MINES Paris, Center PERSEE

Start date: May 2020

Supervisors: Andrea Michiorri, Georges Kariniotakis

Collaborations: Projects Regions (Eranet), Smart4RES (H2020)

CONTEXT AND MOTIVATION

Data analytics tools are fundamental for the operational management of power systems

- *Predictive:* Forecasting
- *Prescriptive:* Optimization

Current SOTA: “Forecast, then optimize”

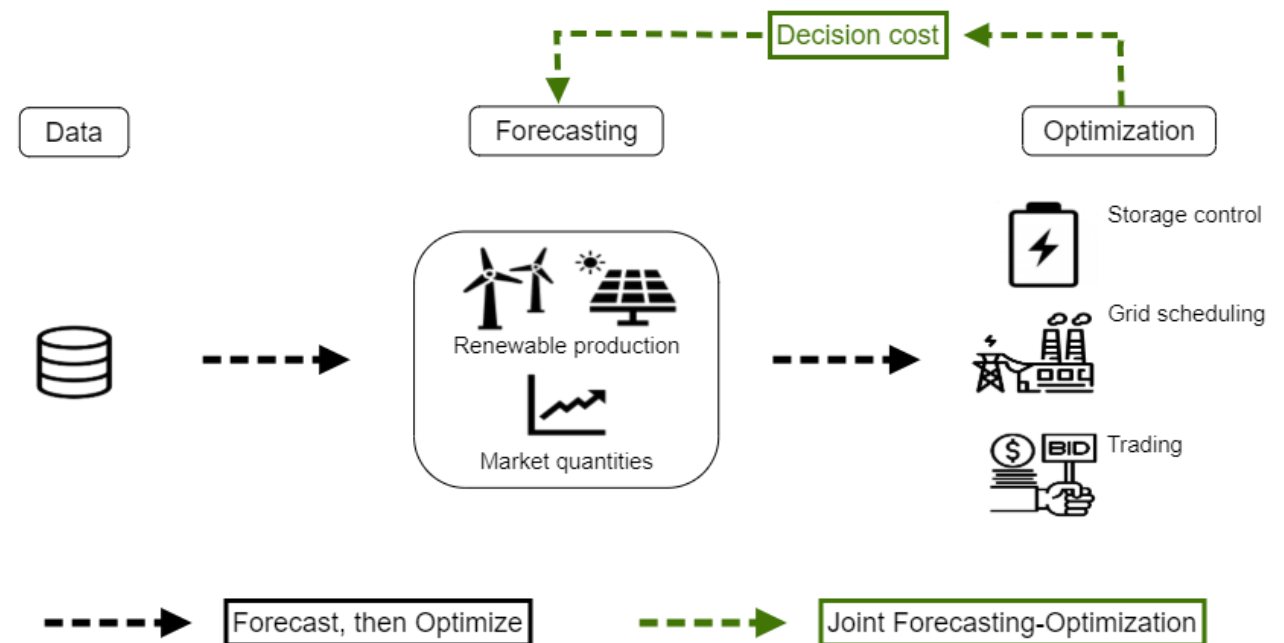


- Increased forecast *accuracy* \neq increased *value*

New approach for **combined predictive & prescriptive analytics** for power systems



- Account for decision cost during learning, joint forecasting-optimization

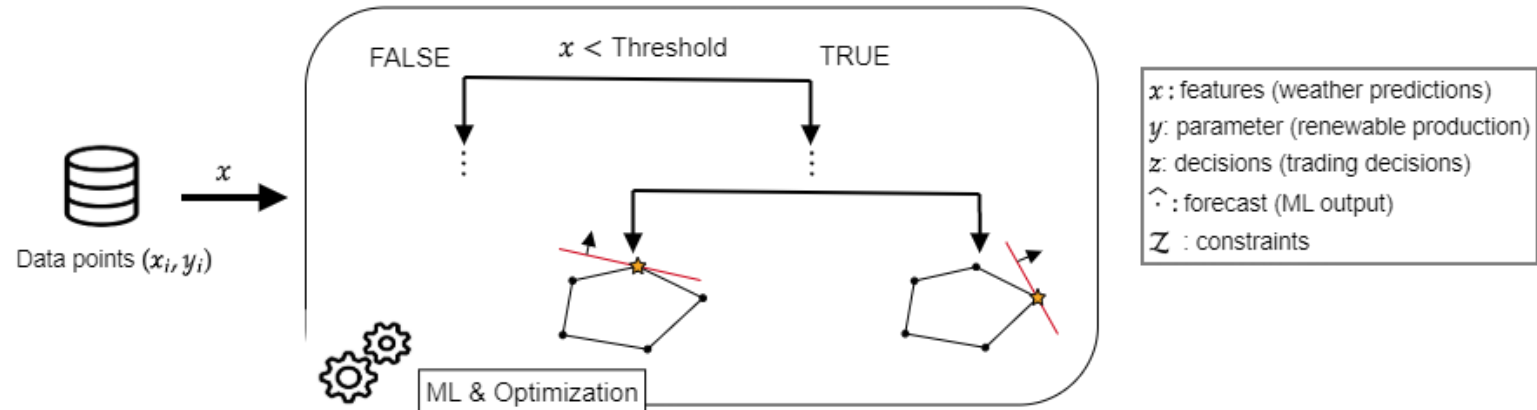
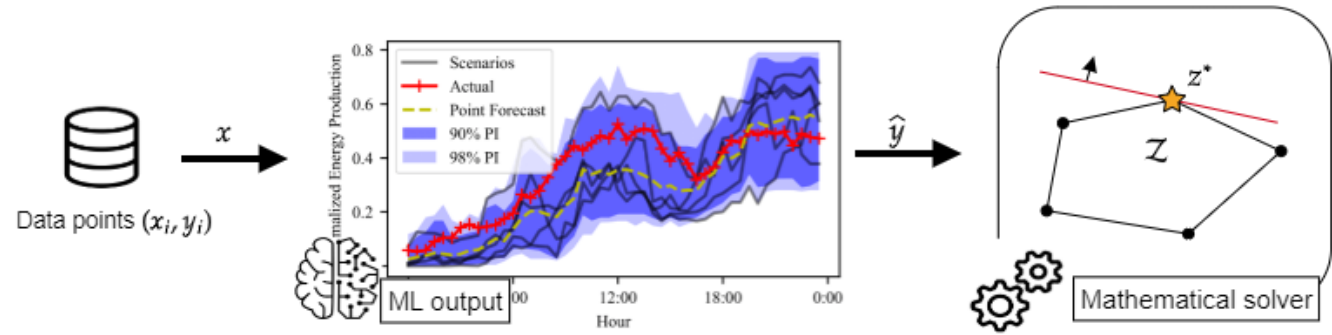


METHODOLOGY

Machine Learning (ML) + Optimization → *Prescriptive trees*

Learn a policy conditioned on feature data

1. Improved out-of-sample prescriptive performance
2. Simplify model-chain (e.g., VPP trading – up to 11 models)
3. Explainability, i.e., impact of data on decisions



TAKE AWAY MESSAGES

Key results & takeaways

1. Improved performance in renewable trading applications against the current SOTA “forecast, then optimize” approach
2. Identified the most important variables for renewable trading applications under different market designs [1]
3. Highlighted the importance of moving beyond the traditional forecast quality metrics and optimizing machine learning models towards forecast *value* [1,4]

Acknowledgements:

- H2020 project Smart4RES,
- Eragnet project REgions



REgions

Contact: akylas.stratigakos@minesparis.psl.eu

References:

1. **A. C. Stratigakos**, S. Camal, A. Michiorri and G. Kariniotakis, "Prescriptive Trees for Integrated Forecasting and Optimization Applied in Trading of Renewable Energy," in IEEE Transactions on Power Systems, doi: 10.1109/TPWRS.2022.3152667 ([link](#)).
2. **A. Stratigakos**, A. Michiorri, G. Kariniotakis. Dealing with Deleted/Missing Features in Energy Forecasting: a Robust Optimization Approach, preparation for IEEE-TSG, 2022 (preprint to appear soon).
3. **A. Stratigakos**, D. van der Meer, S. Camal, G. Kariniotakis. End-to-end Learning for Hierarchical Forecasting of Renewable Energy Production with Missing Values, PMAPS 2022 ([link](#)).
4. **A. Stratigakos**, S. Camal, A. Michiorri, G. Kariniotakis. Prescriptive Trees for Value-oriented Forecasting and Optimization: Applications on Storage Scheduling and Market Clearing, under revision, 2021 ([link](#)).
5. **A. Stratigakos**, A. Michiorri and G. Kariniotakis, "A Value-Oriented Price Forecasting Approach to Optimize Trading of Renewable Generation," 2021 IEEE Madrid PowerTech, 2021, pp. 1-6, ([link](#)).
6. **A. Stratigakos**. A robust fix-and-optimize metaheuristic for timetabling problems with uncertain renewable energy production. IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (*invited*) 2021, IEEE, Dec 2021, Orlando, United States ([link](#)).
7. **A. Stratigakos**, S. Camal, T. Blondel, G. Kariniotakis. Short-term trading of wind energy production using data-driven prescriptive optimization. Wind Energy Science Conference, May 2021, Hannover, Germany (presentation, [link](#)).

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

Advanced methods for enhancing interpretability of AI tools with application to the energy sector

Konstantinos Parginos

konstantinos.parginos@minesparis.psl.eu

MINES Paris, Center PERSEE

Start date: Septembre 2021

Supervisors: G. Kariniotakis, S. Camal, R. Bessa

Collaborations: INESC TEC, Porto, Portugal

Project: AI4theSciences, Marie Curie CoFund Grant

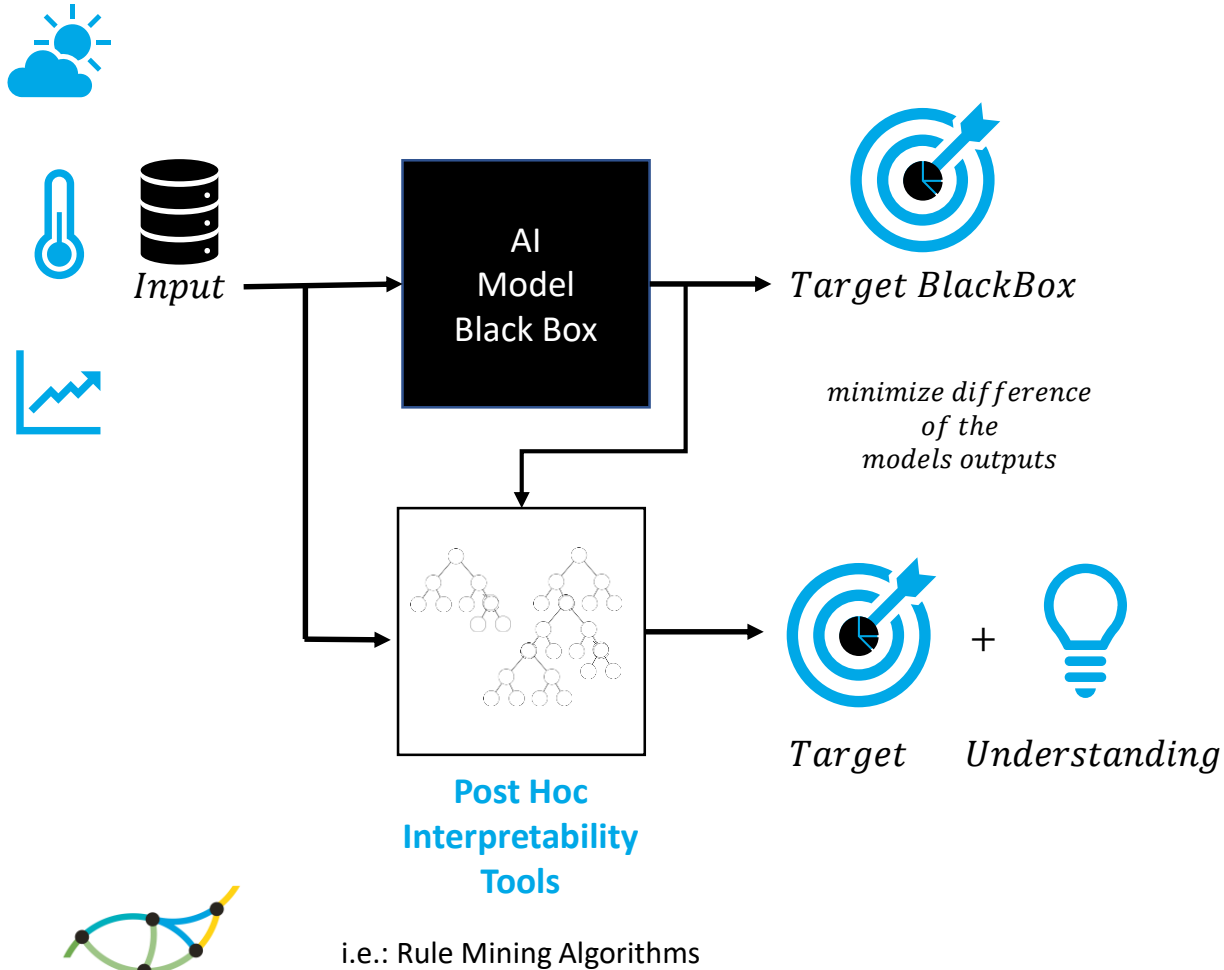
CONTEXT AND OBJECTIVES

- Decision-making in energy systems relies on **complex modelling chains**. In this context, **Artificial Intelligence** solutions are increasingly developed.
- But, AI models are often characterized as **black boxes**, due to their **lack of explaining how** they derive a specific solution.
- **Objective:** develop **interpretable** AI models for energy applications.
 - Offer an **understanding** on how outputs are produced
 - Facilitate **trust** to the human operator / decision maker
 - Applications: Trading, Forecasting, Grid-management

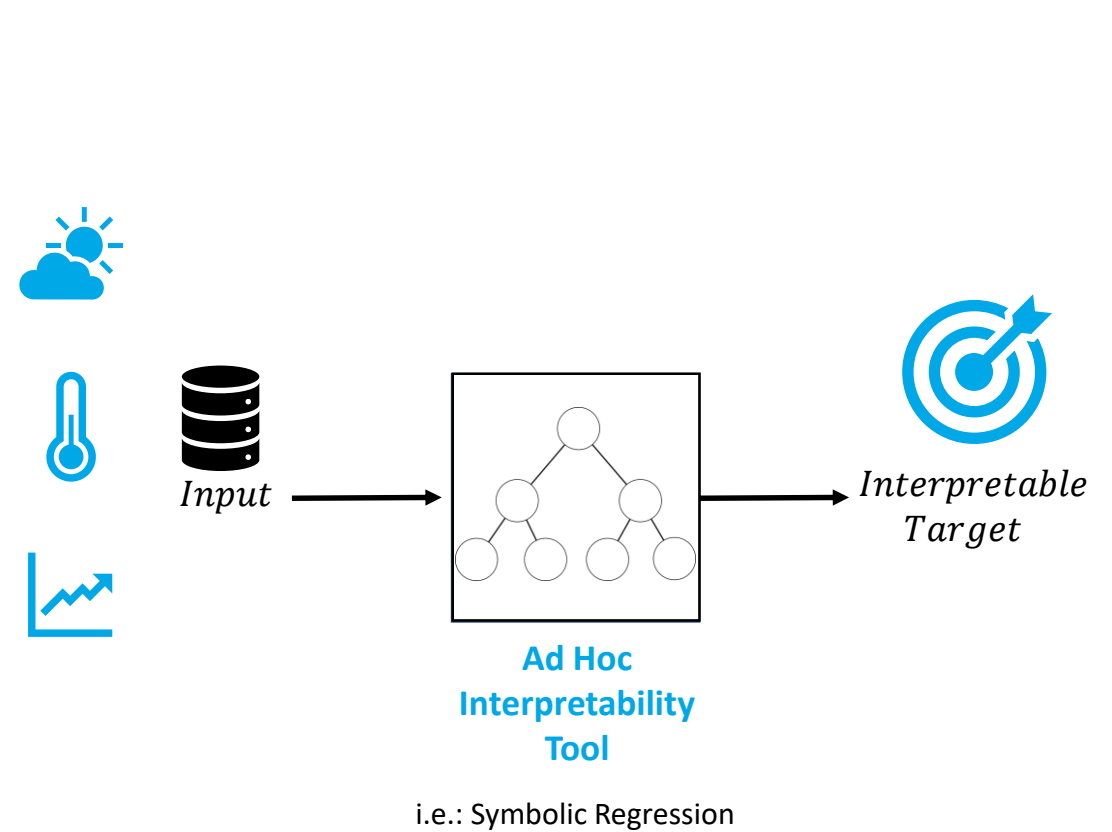


METHODOLOGY

Post-hoc Explanations



Ad-hoc Explanations



TAKE AWAY MESSAGES

- Methods that **enhance interpretability** of AI tools are needed for:
 - Model developers to identify errors of models
 - End-users to understand the models output and make decisions accordingly
 - Public Stakeholders to evaluate safety of models
- We will **cover important use cases of AI application to the energy sector** such as decision-aid under extreme events and optimal trading
- Finally, we will **integrate in the methodology how humans understand complex systems** and take decisions informed by AI tools

Contact: konstantinos.parginos@minesparis.psl.eu

Références:

- [1] "Scarcity events analysis in adequacy studies using CN2 rule mining.", «Energy & AI»
F. Heymann, **K. Parginos**, R. Bessa, M. Liebensteiner, J.C.M. Hinojar, P. Duenas
[\[link\]](#)
- [2] "Interpretable Probabilistic Forecasting of Imbalances in Renewable-Dominated
Electricity Systems", Jean-François Toubreau, J. Bottieau; Yi Wang [\[link\]](#)
- [3] "Contemporary Symbolic Regression Methods and their Relative Performance",
William La Cava, P. Orzechowski [\[link\]](#)

STREAM 2, Session 2.A (09h45-10h45)

Discussion

1	Kevin BELLINGUER	Optimisation de l'integration de données multi-sources dans les modèles de prévision court-terme de la production photovoltaïque	MINES Paris, PSL - PERSEE
2	Yun BAI	Big data for the electric power system with focus on demand forecasting	MINES Paris, PSL - PERSEE
3	Jérémy MACAIRE	Développement d'un outil de prédiction de la production d'une centrale photovoltaïque	Université de Guyane
4	Luca SANTOSUOSSO	A generic framework for the valorisation of high-dimensional virtual power plants integrating multiple flexibility technologies	MINES Paris, PSL - PERSEE
5	Sylvain LEDUR	Optimization of the flexibility potential of industrial electricity demand	MINES Paris, PSL - PERSEE
6	Akylas STRATIGAKOS	Prescriptive Analytics Methods for Optimizing Participation of Renewable-Based Plants in Electricity Markets	MINES Paris, PSL - PERSEE
7	Konstantinos PARGINOS	Advanced methods for enhancing interpretability of AI tools with application to the energy sector	MINES Paris, PSL - PERSEE

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022



STREAM 2 :

Prévision, gestion EnR, micro-réseaux, flexibilité

Chair: Georges Kariniotakis, Directeur de Recherche, MINES Paris, Centre PERSEE
georges.kariniotakis@minesparis.psl.eu

Session 2.B (10:45-11h45)

Co-chair: Philippe Drobinski, Directeur, Laboratoire de Météorologie Dynamique,
Institut Pierre Simon Laplace

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

STREAM 2, Session 2.B



- Pitch de 3 min par doctorant

1	Khadim Ullah JAN	Batteries second life, a challenge or an opportunity	CentraleSupelec - GEEPS
2	Mohamed Hamza KERMIA	Gestion d'un micro-réseau électrique par des outils d'intelligence artificielle	U-Picardie, L2EP
3	Sarah OUEDRAOGO	Développement de stratégies de gestion de l'énergie pour un micro-réseau intégrant prévision de la ressource et modèle de vieillissement de batterie	Université de Corse Pasquale Paoli
4	Lucas RICHARD	Micro-réseaux DC à production et stockage décentralisé pour l'électrification de l'Afrique rurale	INP Grenoble - G2ELAB
5	Fabien BOUISSET	Gestion optimisée des intermittences de la production d'énergie renouvelable dans des micro-réseaux insulaires intégrant différents moyens de stockage	Université de Corse Pasquale Paoli/CEA
6	Maria de la Candelaria UTRILLA BUSTAMANTE	Développement d'un système pour permettre l'ilotage des réseaux de distribution existants, basé sur des centrales photovoltaïques et sans recourir à l'utilisation de batteries	INP Grenoble - G2ELAB
7	Rafael ALVARENGA	Développement d'un algorithme de prévision et de planification de la production d'une centrale solaire photovoltaïque avec stockage	Université de Guyane

- Discussion

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

Modeling and energy management of second-life batteries

Khadim Ullah JAN

Khadim.jan@centralesupelec.fr

GeePs/CentraleSupélec, Université Paris-Saclay

Projected Ph.D. defense: June 2022 (Available for a Postdoc: early July 2022)

Thesis directors: Anne MIGAN DUBOIS and Demba DIALLO

Funding source: Islamic Development Bank (600036563-ENERGY)

CONTEXT AND MOTIVATION

• Theme and Work Motivation

- The dual pressures of climate and energy access
- Battery second-life: recycling or repurposing?

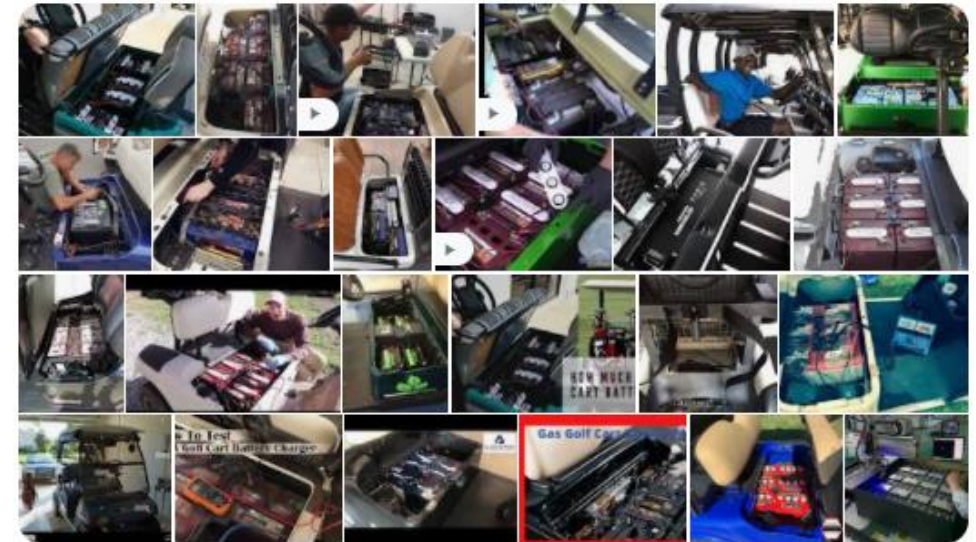
• Problem

- The trending use of Li-ion: handling decommissioned batteries
- Social acceptance of energy technologies

• Thesis Objectives

- Develop battery models that can simulate performance impact
- Grouped battery power packs and their energy management
- To put into evidence that second-life batteries could be a solution for 100% energy access in underdeveloped world

Golf cart batteries



©Lumen sports

APPROACH

- **Methods and Procedures**

- Battery parameter extraction
- Model parameterization (to facilitate performance prediction)

- **Thesis Outcomes**

- Second-life battery models
- Microgrid performance comparison with and without battery aging

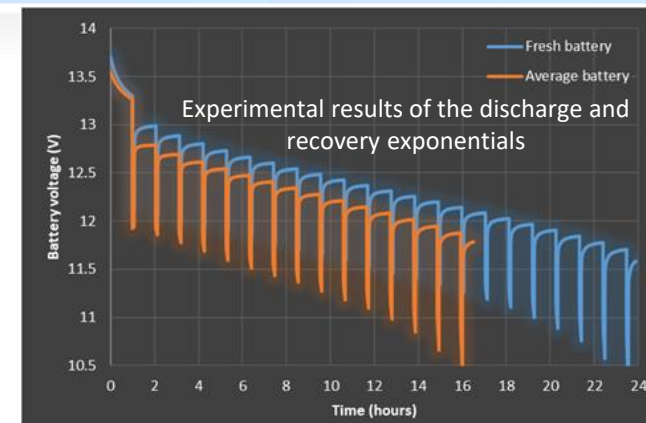
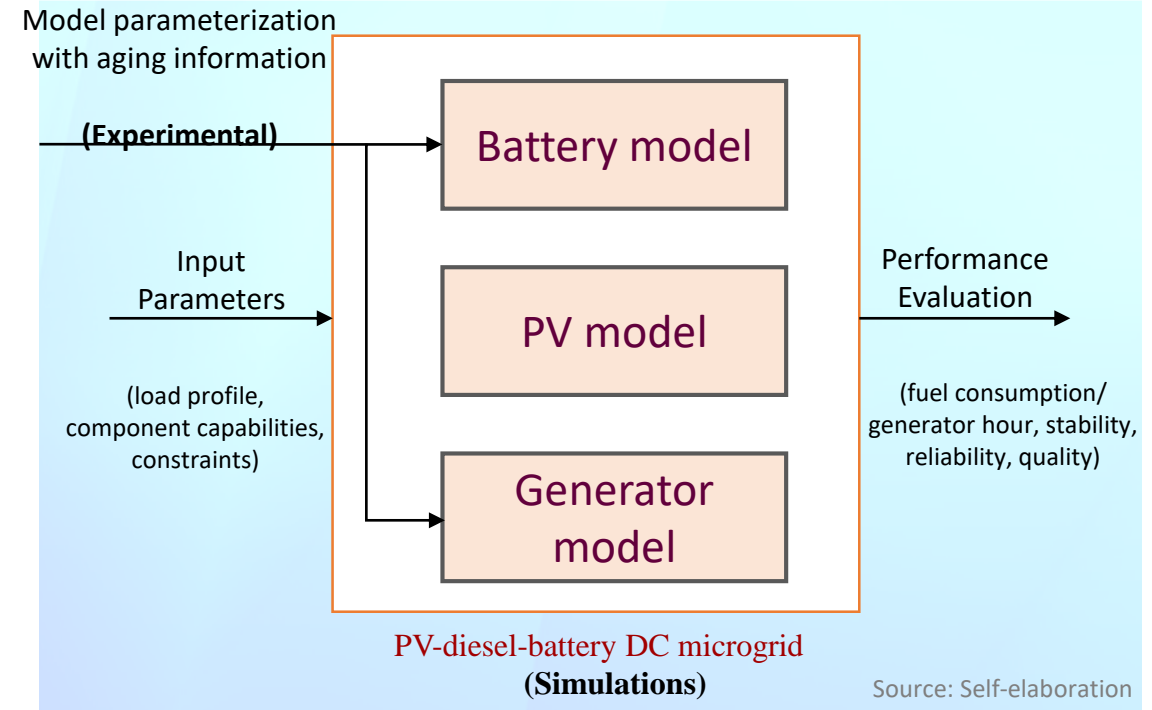
- **Extensions**

- Utility-scale grid modernization
- EV charging stations, Sector coupling



| The Big Picture

— Modeling of the battery aging dynamics



TAKE AWAY MESSAGES

- **Main Learnings during Ph.D.**
 - Characterizing Legacy Batteries: Modeling and experimental were the main learnings.
 - Parameterization: We develop battery models that can simulate real batteries
- **Message for Industry Participants (Local electricity market is changing)**
 - Prosumers are increasing, how utility handles this large number of distributed and intermittent energy flow. (distribution management by local utility)
 - How utilities can increase their profit margins. (consumer satisfaction, profit generation by utility)
- **Future Supervisors/ Industry Managers** [for postdoc candidacy, industrial job]

The focus of my postdoc project is “to enable the local utility get ready for the demand shock”

UTILITY-SCALE GRID MODERNIZATION

1. Second-life Li-ion batteries with EV charging stations
2. Power2X, Sector coupling
3. Utility-owned distributed microgrid clusters for stability and reliability

Scan the QR for my faculty
profile page,
demonstrated skillset



université
PARIS-SACLAY

CentraleSupélec

GeEPS
Electrical Engineering - Paris

Availability: early July 2022

Looking for a Postdoc

Contact: khadim.jan@centralesupelec.fr

Thesis and Publications

www.theses.fr/s223965

DOI: [10.1109/icSmartGrid52357.2021.9551263](https://doi.org/10.1109/icSmartGrid52357.2021.9551263) (icSmartGrids, Portugal) [experimental]

DOI: [10.1109/IECON48115.2021.9589603](https://doi.org/10.1109/IECON48115.2021.9589603) (47th IECON, Canada) [simulations]

DOI: [10.1109/SPIES48661.2020.9243053](https://doi.org/10.1109/SPIES48661.2020.9243053) (IEEE SPIES, Bangkok) [experimental]

IEEE Transaction on Industry Applications (In review by IAS TSC)

Keywords: Flexible integration of renewables,
utility-scale grid modernization,
sector coupling


think
SMARTGRIDS

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

Gestion prédictive et optimale d'un micro-réseau électrique par intelligence artificielle

Mohamed Hamza KERMIA ⁽¹⁾

mohamed.kermia@u-picardie.fr

Encadrants: Jérôme BOSCHE (1), Dhaker ABBES (2)

(1) Laboratoire Modélisation, Information et Systèmes (MIS), Amiens

(2) Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique de Puissance (L2EP), Junia Lille

Date de démarrage de la thèse: 14/11/2019

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA THESE

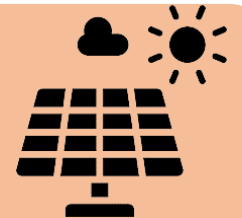
Une consommation d'énergie électrique qui augmente continuellement.



Une augmentation de 16 millions de véhicules électriques d'ici 2035 [RTE].
0,6 M VE (2021) → 16 M VE (2035) ↗ ~ 2600 %



La nécessité d'utiliser l'électricité décarbonée [RTE].
509 TWh (2019) → 615 TWh (2035) ↗ ~ 21 %



GESTION D'UNE STATION DE RECHARGE EV EN MODE ISOLÉ

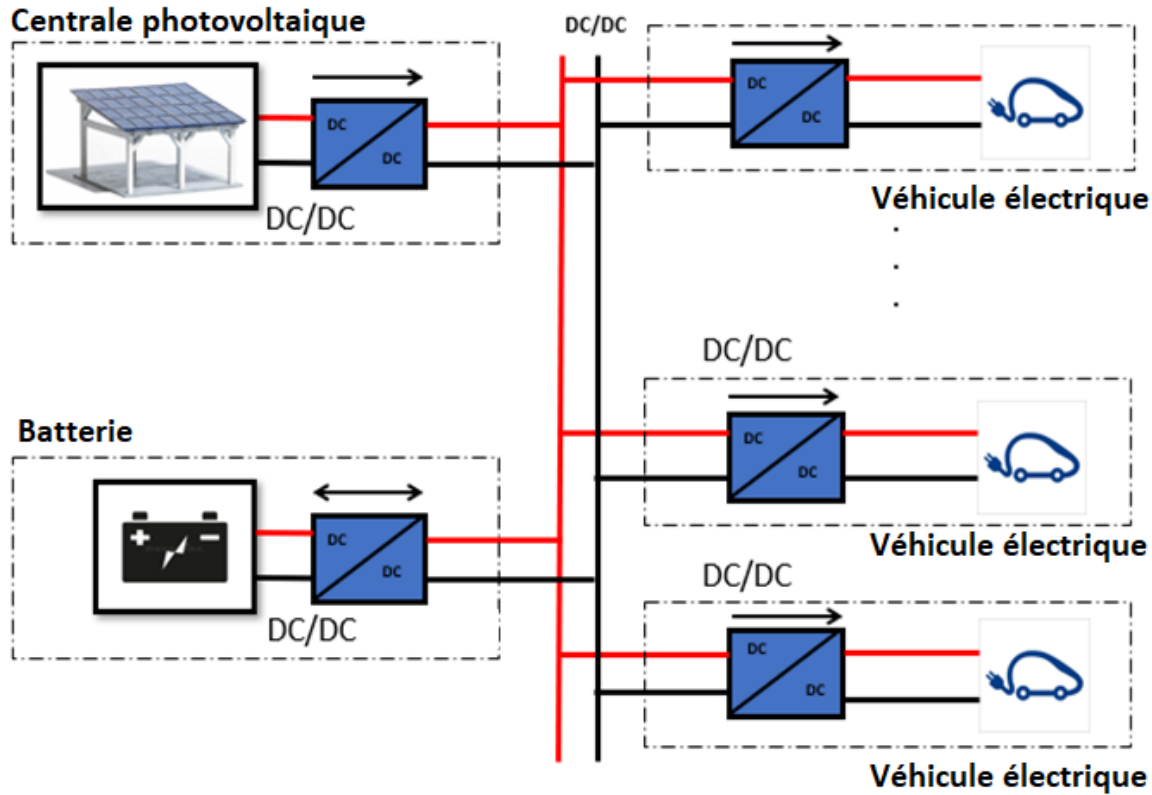


Fig. 1 : Station de recharge de véhicule électrique basée sur un micro-réseau à courant continu.

MÉTHODES DÉVELOPPÉES

Gestion EE

Prévision

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Fuzzy logic | <input type="checkbox"/> Polynomial |
| <input type="checkbox"/> Heuristiques | <input type="checkbox"/> RNN-LSTM |
| <input type="checkbox"/> Multi-agent | <input type="checkbox"/> CNN |

OBJECTIFS

- Optimiser la charge des voitures électriques
- Réduire les gaz à effet de serre
- Réduire les pertes

RÉSULTATS



**Validation
expérimentale**

De mars à juin 2022



**Gestion de
l'énergie électrique**

Un gain total de 9,49% sur le SOC des
VE chargés avec une prévision PV de
60 minutes VS sans prévision [1].



**Prévision de
production
photovoltaïque**

Coefficient of determination : $R^2 = 97\%$
avec (RNN LSTM) sur un horizon de 60
minutes [2].

Contact: mohamed.kermia@u-picardie.fr

Références:

- [1] M. H. Kermia, J. Bosche and D. Abbas. Predictive energy management in an electric vehicle charging station. In : CIRED Workshop. 2022. (Accepté)
- [2] M. H. Kermia, J. Bosche and D. Abbas. Comparison of photovoltaic production forecasting methods. International Journal of Forecasting, 2022. (Soumis)

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

Développement de stratégies de gestion de l'énergie dans un micro-réseau électrique

Sarah OUEDRAOGO

Ouedraogo_s@univ-corse.fr

Laboratoire Sciences Pour l'Environnement / Université de Corse

Thèse débutée en janvier 2020

Encadrants : M. Gilles NOTTON, M. Ghjuvan-Antone FAGGIANELLI

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA THESE

- Croissance de l'intégration des énergies renouvelables
- Nombreux problèmes dus au caractère intermittent et aléatoire de ces énergies : déséquilibre des réseaux de petites tailles comme ceux des îles et des sites isolés



Objectifs

- Développement d'algorithmes de gestion pour un micro-réseau PV + Batteries
- Application sur un cas d'étude réel

APPROCHE - METHODOLOGIE

Micro-réseaux : Energie et Informations

Production



Stockage



Demande



Réseau



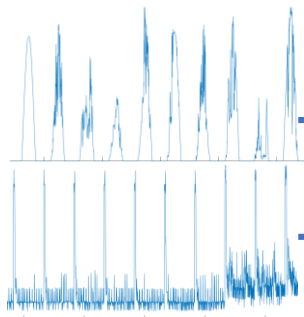
Connaissance de l'état du système en temps réel



Prévisions Production/Conso

Production Photovoltaïque

Demande



Utilisation des données et informations

Utiliser l'énergie de la façon la plus **efficace**



Perception

Stratégies de gestion de l'énergie



Optimiser le **coût** du fonctionnement

ENSEIGNEMENTS

Les résultats marquants

- La prévision du PV permet d'optimiser le coût de fonctionnement :

+ 7,8 %

- Pour 500€/kWh de batterie plomb l'utilisation du modèle de vieillissement optimise le coût de :

+ 103 %

- La meilleure stratégie réduit la part du PV non valorisé :

23,2 % → 13,4 %

Principaux enseignements

- La prévision du PV avec le modèle utilisé est suffisante :

Données prédictes → Données réelles
+ 4,2 %

- Dans notre micro-réseau
Stockage rentable à partir :

150 €/kWh

Contact: OUEDRAOGO_S@univ-corse.fr

Références:

S.Ouédraogo, G.A.Faggianelli, G.Pigelet, J.L.Duchaud, G.Notton (2020). Application of optimal energy management strategies for a building powered by PV/Battery system in Corsica Island. *Energies*.

S.Ouédraogo, G.A.Faggianelli, G.Pigelet, J.L.Duchaud, C.Voyant, G.Notton (2021). Comparison of Energy Management Strategies in a Microgrid with Photovoltaic/Battery System. *ELMA 2021*, Sofia, Bulgaria, July 1-4, 2021

S.Ouédraogo, G.A.Faggianelli, G.Pigelet, G.Notton, J.L.Duchaud (2021). Performances of energy management strategies for a PV/Battery microgrid considering battery degradation.

G.Notton, GA.Faggianelli, C.Voyant, **S.Ouédraogo**, G.Pigelet, JL. Duchaud. Solar radiation forecasting for smart building applications. *Computational Intelligence Techniques for Green Smart Cities*. Springer Edition.

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

Micro-réseaux DC à production et stockage
décentralisé pour l'électrification de l'Afrique rurale

Lucas RICHARD

lucas.richard@g2elab.grenoble-inp.fr

G2Elab

Thèse débutée en octobre 2020

Encadrants: David Frey, Marie-Cécile Alvarez-Herault, Bertrand Raison

Thèse CIFRE en partenariat avec Nanoé

DES ENJEUX TECHNOLOGIQUES POUR UN MODÈLE D'ÉLECTRIFICATION RURALE

- Développement progressif d'infrastructures électriques à destination de l'Afrique rurale.
- Interconnexion de nano-réseau afin de former un micro-réseau DC permettant d'augmenter le service électrique proposé et d'améliorer la rentabilité économique du modèle d'électrification.

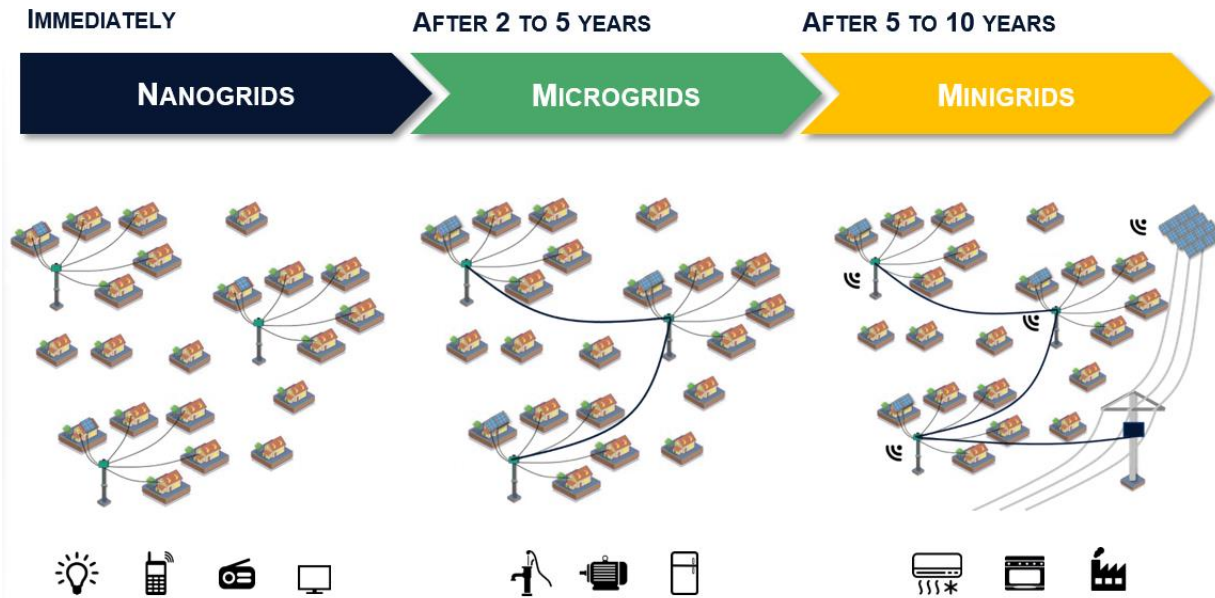


Fig 1: Modèle d'électrification rurale proposé par Nanoé

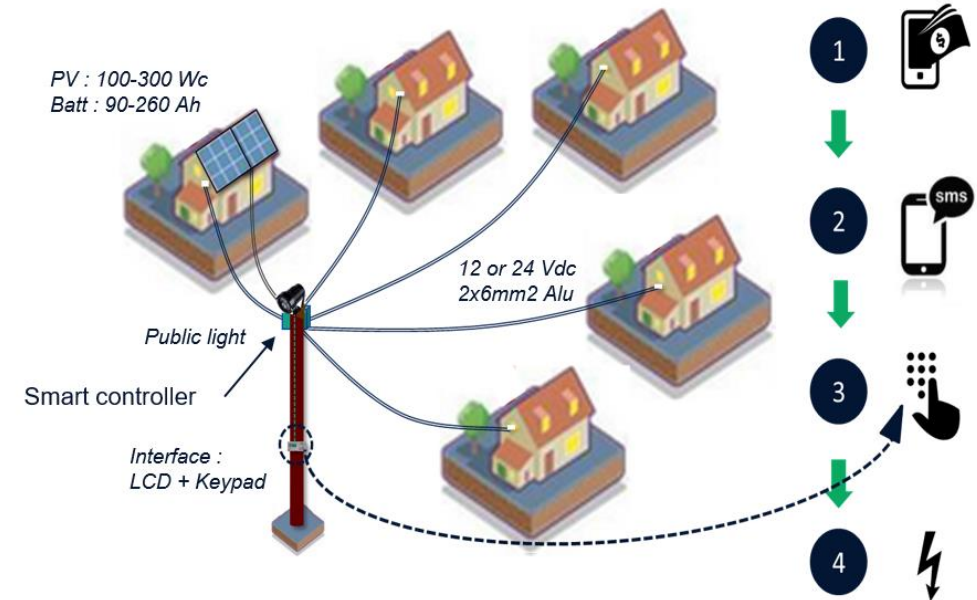


Fig 2: Schéma d'un nano-réseau

Aller plus loin: <http://www.nanoe.net/en/>

UN MICRO-RÉSEAU AVEC PRODUCTION ET STOCKAGE DÉCENTRALISÉ

- Un micro-réseau DC basse tension avec contrôle décentralisé et sans communication.
 - *L'algorithme de contrôle développé ne repose que sur des mesures locales.*
 - *L'état de charge de la batterie indique la disponibilité d'énergie au niveau local.*
 - *La tension du micro-réseau indique la disponibilité d'énergie globale.*
- Un projet complet: de la simulation au banc de test en labo au déploiement sur le terrain à Madagascar en décembre 2021.

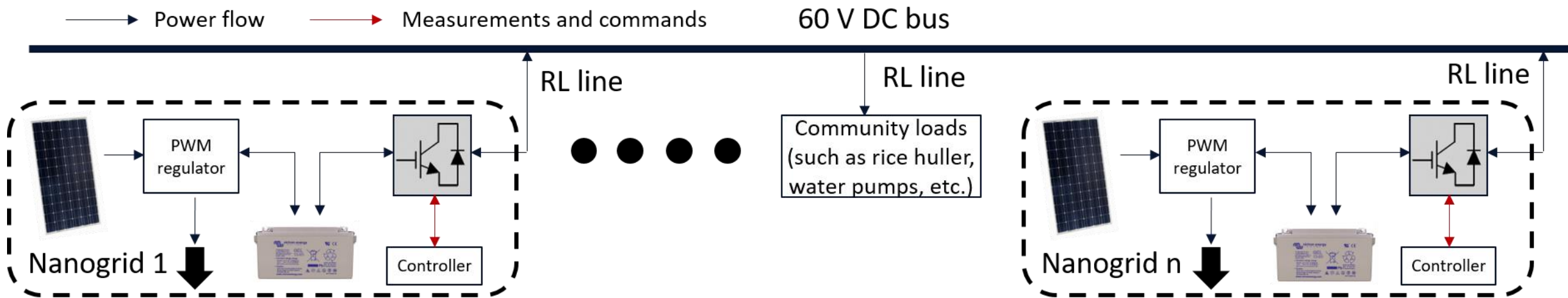


Fig 3: Schéma du micro-réseau proposé

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- Développement d'un algorithme de contrôle et d'une structure de micro-réseaux fonctionnelle.
 - Design et réglage en simulation.
 - Validation expérimentale sur un banc de test.
- Développement d'un module d'interconnexion pour le déploiement terrain à Madagascar en décembre 2021.
 - Micro-réseau toujours en fonctionnement aujourd'hui!
 - Analyse de résultats et retours d'expériences très prometteurs et riches en enseignement.
- 2 axes majeurs pour la suite:
 - Une V2 du module d'interconnexion résultant d'une optimisation technico-économique.
 - Planification optimale de micro-réseaux DC : topologie de connexion des nano-réseaux, emplacement et dimensionnement des ressources PV et batteries.



Merci pour votre attention !

Contact: lucas.richard@g2elab.grenoble-inp.fr

06 28 37 78 37

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

Gestion optimisée des intermittences de la production d'énergie renouvelable dans des micro-réseaux insulaires intégrant différents moyens de stockage

Fabien BOUISSET

Bouisset_f@univ-corse.fr

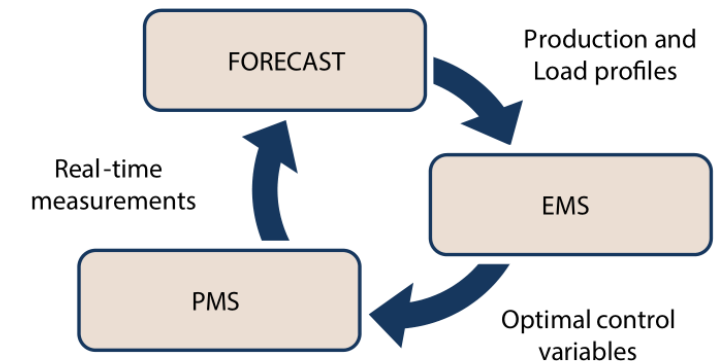
Laboratoire Sciences Pour l'Environnement (UCPP) / Laboratoire des Systèmes
Electriques Intelligents (INES)

Date de démarrage de la thèse: 18/01/2021

Encadrants: Ghjuvan-Antone FAGGIANELLI ; Thai-Phuong DO ; Gilles NOTTON

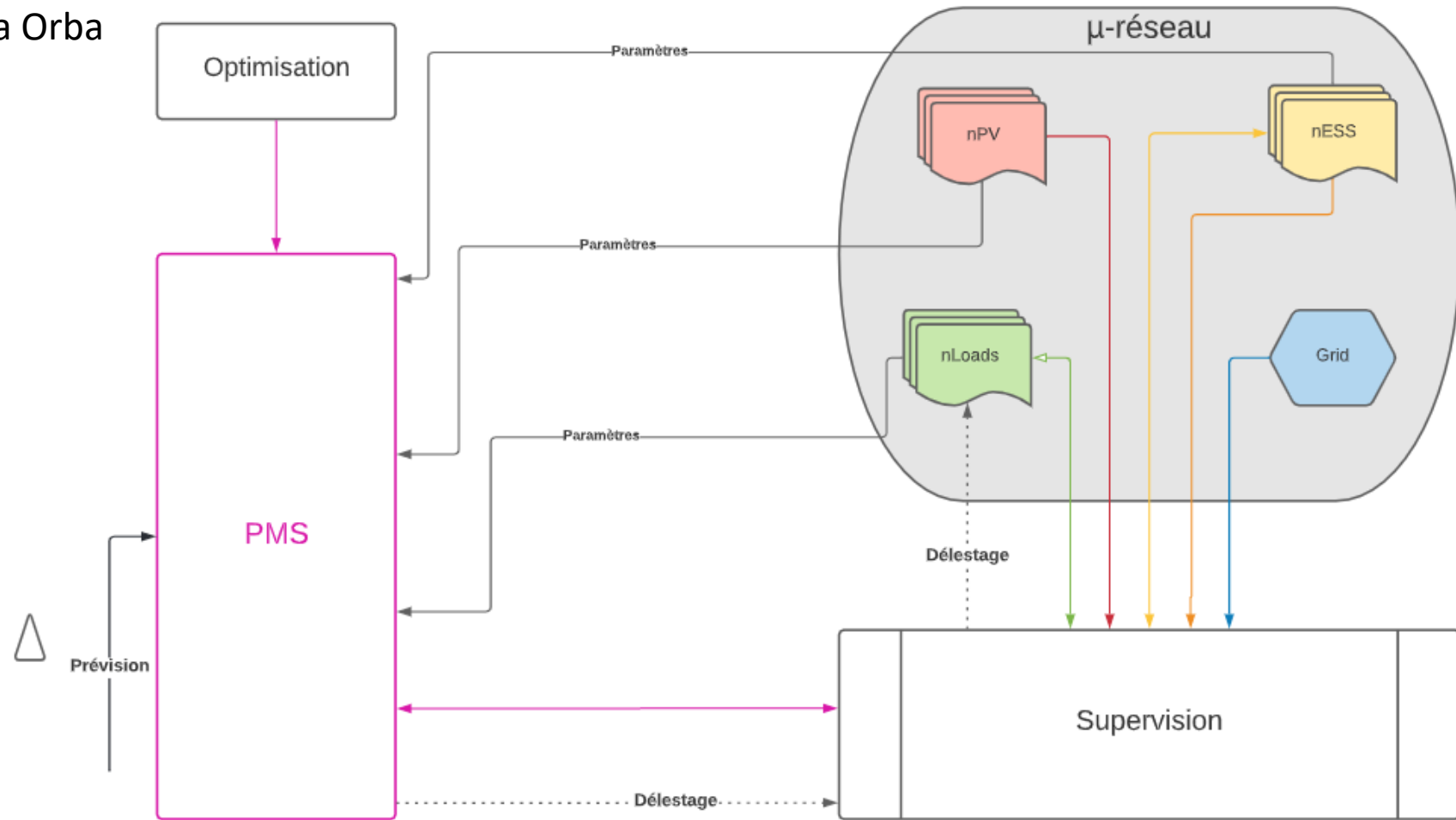
CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA THESE

- Caractère intermittent et aléatoire de la ressource solaire
 - Gestion complexe des systèmes de production photovoltaïque
 - Problématique récurrente des Zones Non Interconnectées
 - Solution possible → moyens de stockage d'énergie
- Valorisation d'un Energy Management System
 - Intégration sur plateforme expérimentale
 - Délivre une optimisation en coût des échanges d'énergie
 - Prise en compte de la prévision de la ressource solaire
- Développement d'un Power Management System
 - Suivi des consignes
 - Adaptation aux imprévus
 - Répartition des flux de puissance
 - Temps réel, réaction rapide
 - Gestion des stockages en fonction de leurs caractéristiques



APPROCHE - METHODOLOGIE

- Approche théorique et simulation : éprouver l'algorithme sur une multitude de cas
- Approche expérimentale : Mise en place de ces algorithmes en conditions expérimentales sur la plateforme Paglia Orba



ENSEIGNEMENTS

- Développement d'un PMS pour un micro-réseau avec plusieurs stockages
 - Réponse en un temps très court aux variations de production et de consommation en utilisant le stockage le mieux adapté ou en agissant sur la consommation.
- Les +:
 - Gestion de plusieurs systèmes de stockages
 - Approche expérimentale sur plateforme R&D
- Perspective :
 - Lissage de la production d'énergie intermittente
 - Augmentation de leur taux d'intégration



Contact: Bouisset_f@univ-corse.fr



Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

L'îlotage temporaire des réseaux de distribution supporté par des centrales photovoltaïques

Maria de la Candelaria UTRILLA BUSTAMANTE

maria.utrilla-bustamante@g2elab.grenoble-inp.fr

G2Elab (Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP)

Date de démarrage de la thèse: Janvier 2020

Encadrants: Vincent DEBUSSCHERE, Jérôme BUIRE, Nouredine HADJSAID

Collaborations: Nanyang Technological University (Singapour)

Thèse financée par le programme « Excellence Science », porté par le CNRS et NTU

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA THESE

- **L'îlotage peut améliorer la fiabilité et la résilience** des certains réseaux de distribution.
- Chaque îlot doit disposer d'**au moins un élément *grid-forming***.
- Les batteries sont des dispositifs **couteux et difficiles à intégrer dans les réseaux**.

OBJECTIF :

Développer une solution d'**îlotage temporaire**,
qui minimise les modifications à apporter aux réseaux,
utilisant des **centrales PV existantes comme éléments *grid-forming***.

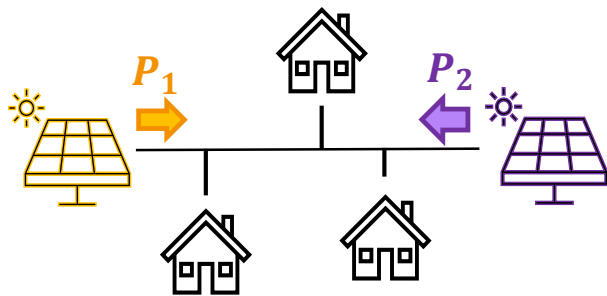
APPROCHE - METHODOLOGIE

1. Analyse technique de démonstrateurs [1-2].

(CIRED Working Group 2018-03)



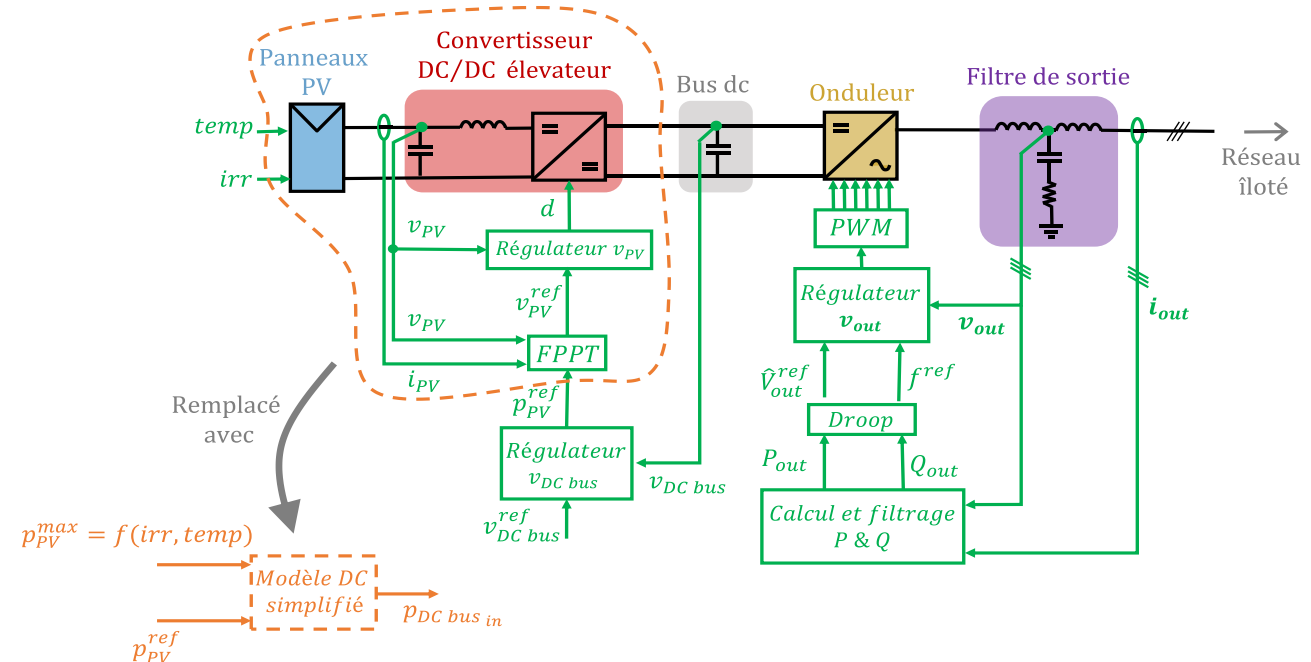
3. Stratégies de partage de puissance sans communication (i.e. droop controls) compatibles avec l'intermittence solaire.



2. Schéma de contrôle *grid-forming* adapté aux centrales PV [3].

+

Modèle DC simplifié et « linéarisable » [4]



ENSEIGNEMENTS

- Les îlots solaires envisagés permettraient aux GRDs **d'améliorer la fiabilité et résilience de leurs réseaux, sans faire des modifications majeures dans leur topologie.**
- La stratégie de *droop* en développement permettra **d'utiliser au mieux la ressource solaire disponible, tout en assurant la stabilité des réseaux îlotés.**
- Cette recherche conduit à des **enseignements très utiles pour d'autres scénarios** (e.g., îlots avec PVs et batteries, ou régulation en fréquence avec des PVs connectés au réseau)

Contact: maria.ustrilla-bustamante@g2elab.grenoble-inp.fr

Références:

- [1] "CIRED Working Group Final Report - Technical requirements for the operation of microgrids in both interconnected and islanded modes", CIRED, Fev. 2021. [En ligne]. Disponible: <http://www.cired.net/cired-working-groups/microgrids-in-interconnected-and-islanded-modes-wg-2018-3>
- [2] Vincent Debusschere, Candelaria Utrilla, Noemi Palacios, Stefano Mandelli, Lukas Sigrist, et al., "Technical requirements for the operation of microgrids in both interconnected and islanded mode. Working group CIRED 2018-03.", *CIRED 2021*, Genève, Sep. 2021, [\(hal-03369281\)](#)
 - a. NOTE: Candelaria Utrilla était une membre active du CIRED Working Group 2018-03 et l'auteur principale du chapitre 2 du rapport final.
- [3] C. Utrilla, V. Debusschere, H.D. Tafti, G. Farivar, J. Pou, et N. Hadjsaid, "Photovoltaic-based storage-less system to support islanding in distribution grids," *CIRED 2021*, Genève, Sep. 2021. [\(hal-03368972\)](#)
- [4] C. Utrilla, H.D. Tafti, A. Kumaresan, J. Buire, V. Debusschere, J. Pou, et N. Hadjsaid, "A simplified model of flexible power point tracking algorithms in double-stage photovoltaic systems". Soumis à *the 14th International Conference of TC-Electrimacs Committee* (Nancy - Mai 2022), en cours de révision.

Rencontre Doctorants – Entreprises 2022

Développement d'un algorithme de prévision et planification de la production d'une centrale photovoltaïque avec stockage

Rafael ALVARENGA

rafael.alvarenga@etu.univ-guyane.fr

UMR Espace-Dev – Université de Guyane

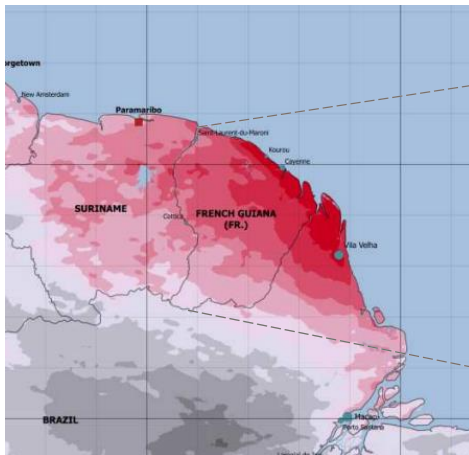
Date de démarrage de la thèse: Avril/2020

Encadrants: Laurent LINGUET – Hubert HERBAUX

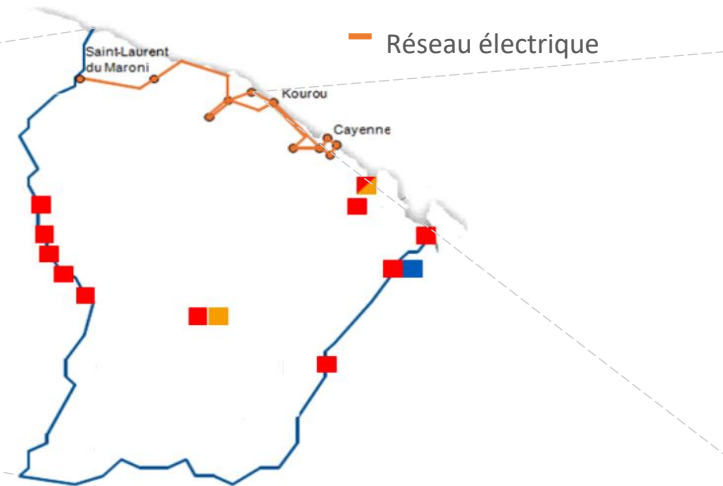
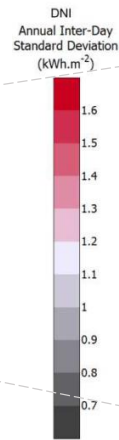
Collaborations: Voltalia (contrat CIFRE)

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA THESE

Contexte:



Variabilité de l'ensoleillement sur la région

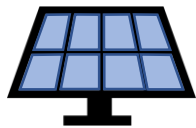


Réseau électrique non-interconnecté

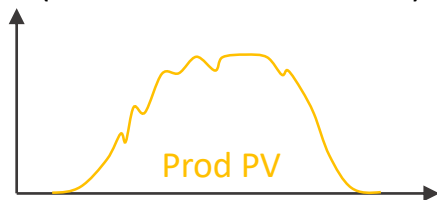


Parc solaire Savane des Pères (production intermittente + stockage)

Objectifs:



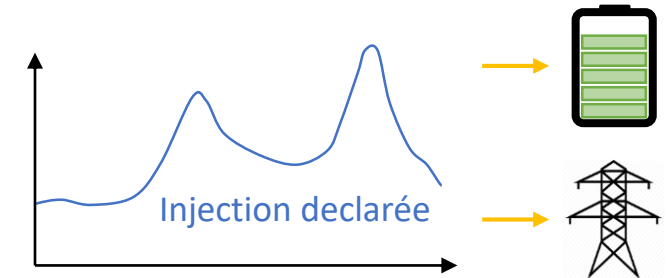
Prévision de la production PV (en fonction de la météo)



Jour_j

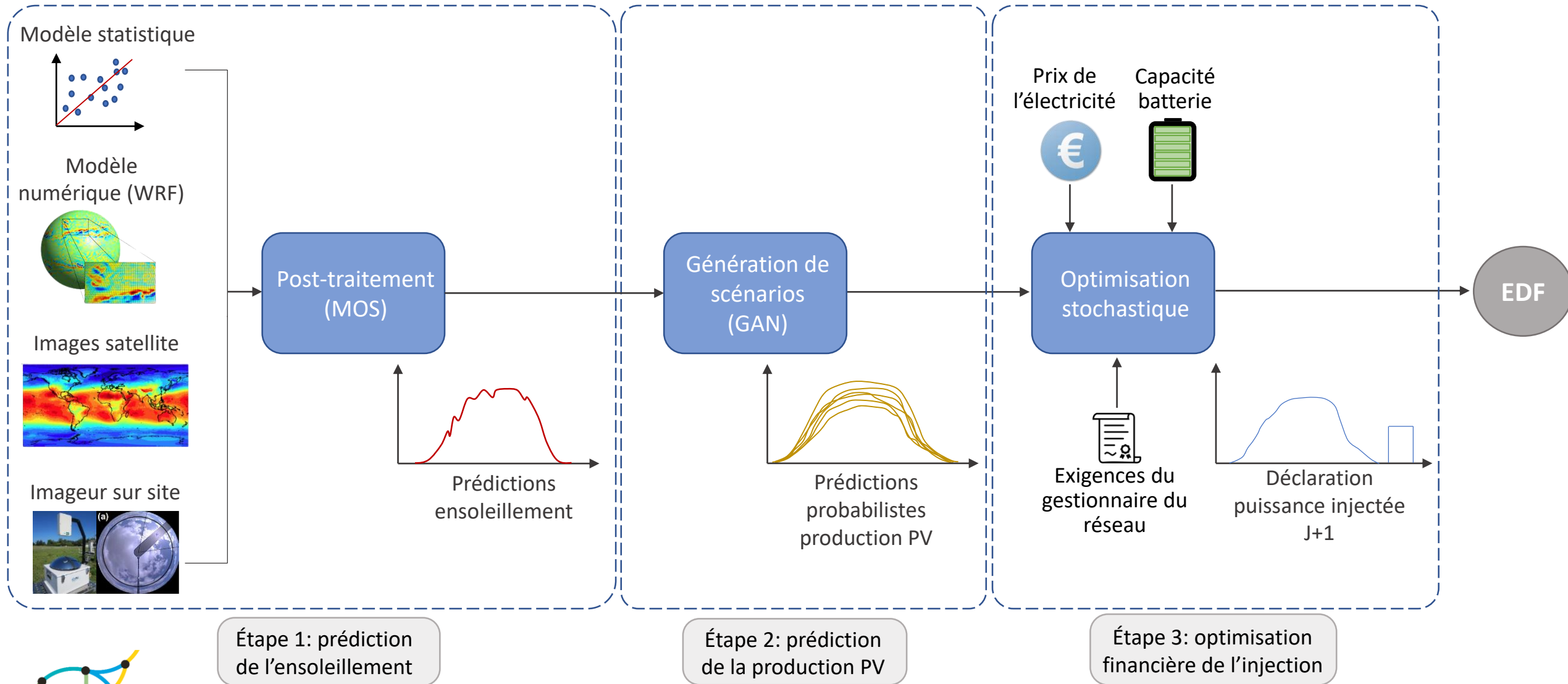
Jour_{j+1}

Le profil d'injection déclaré doit évoluer à la minute



Planification de l'énergie injectée/stockée (en fonction des prix et de la tension du réseau)

APPROCHE - METHODOLOGIE



ENSEIGNEMENTS

1

Recherche de nouvelles méthodes pour:

- a. Améliorer la prédiction de l'ensoleillement en zone tropicale
- b. Générer des scénarios de production PV
- c. Optimiser l'injection de la production sous incertitude

2

Contribution pour l'intégration des EnRi au niveau de la région (**77% de réduction sur la variabilité de l'injection**), permettant au gestionnaire du réseau d'affiner l'équilibre offre-demande, tout en sécurisant les revenus du producteur (**99% de réduction sur les pénalités**)

A stylized illustration of a smart city. It features various buildings, including a tall skyscraper with vertical lines and a smaller building with solar panels. There are also wind turbines on green hills, a charging station with a lightning bolt symbol, and a small house. The background is a bright blue sky with a sun-like glow. The illustration is set against a dark blue background that has a diagonal split.

Contact: rafael.alvarenga@etu.univ-guyane.fr

STREAM 2, Session 2.B (10:45-11h45)

Discussion

1	Khadim Ullah JAN	Batteries second life, a challenge or an opportunity	CentraleSupélec - GEEPS
2	Mohamed Hamza KERMIA	Gestion d'un micro-réseau électrique par des outils d'intelligence artificielle	U-Picardie, L2EP
3	Sarah OUEDRAOGO	Développement de stratégies de gestion de l'énergie pour un micro-réseau intégrant prévision de la ressource et modèle de vieillissement de batterie	Université de Corse Pasquale Paoli
4	Lucas RICHARD	Micro-réseaux DC à production et stockage décentralisé pour l'électrification de l'Afrique rurale	INP Grenoble - G2ELAB
5	Fabien BOUISSET	Gestion optimisée des intermittences de la production d'énergie renouvelable dans des micro-réseaux insulaires intégrant différents moyens de stockage	Université de Corse Pasquale Paoli/CEA
6	Maria de la Candelaria UTRILLA BUSTAMANTE	Développement d'un système pour permettre l'îlotage des réseaux de distribution existants, basé sur des centrales photovoltaïques et sans recourir à l'utilisation de batteries	INP Grenoble - G2ELAB
7	Rafael ALVARENGA	Développement d'un algorithme de prévision et de planification de la production d'une centrale solaire photovoltaïque avec stockage	Université de Guyane

Merci de votre participation
Place au networking doctorants-entreprises!